



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ciencias Biológicas**

**Escuela Profesional de Ciencias Biológicas**

**Cambios en la distribución espacial de las capturas del  
jurel (*Trachurus murphyi*) en el mar peruano entre  
1996 y 2007**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Bióloga con mención en  
Hidrobiología y Pesquería**

**AUTOR**

**Ericka Marylin ESPINOZA LÓPEZ**

**ASESOR**

**Carmen Rosario YAMASHIRO GUINOZA**

**Lima, Perú**

**2018**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Espinoza, E. (2018). *Cambios en la distribución espacial de las capturas del jurel (Trachurus murphyi) en el mar peruano entre 1996 y 2007*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Ciencias Biológicas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

649.0



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA  
(MODALIDAD: SUSTENTACIÓN DE TESIS)**

Siendo las 17:15..... horas del 19 de diciembre de 2018, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Biológicas y en presencia del jurado formado por los profesores que suscriben, se dio inicio a la sesión para optar al Título Profesional de Bióloga con mención en **Hidrobiología y Pesquería** de **ERICKA MARYLIN ESPINOZA LÓPEZ**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° **045-EPCB-2018**, la titulando expuso su tesis: **"CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CAPTURAS DEL JUREL (*Trachurus murphyi*) EN EL MAR PERUANO ENTRE 1996 Y 2007"**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 18, calificativo: Aprobado con mención honoraria.....


Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el Título Profesional de Bióloga con mención en Hidrobiología y Pesquería a **ERICKA MARYLIN ESPINOZA LÓPEZ**, y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo título, conforme a ley.

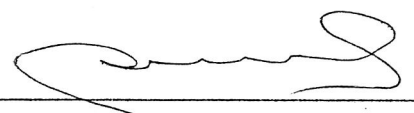
Siendo las 18:55 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 19 de diciembre de 2018.

  
Dr. MARCO ESPINO SANCHEZ  
(PRESIDENTE)

  
Blga. CARMEN YAMASHIRO GUINOZA  
(ASESORA)

  
Blgo. WALTER CABRERA FEBOLA  
(MIEMBRO)

  
Blga. SILVIA AGUILAR LUNA  
(MIEMBRO)



*Dedicado a Dios, expresado en la naturaleza  
que tanto amo y respeto.*

*A tu memoria mi amado Papá ....añoro verte  
leer y disfrutar tus libros, en especial las de  
Don Quijote, tu favorita aquella ilustrada por  
Gustave Doré!.*

*A ti mi sacrosanta Madre, gracias por tu amor,  
apoyo y regaños... para ti mis más bonito amor  
y admiración por tu fortaleza y nobleza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Este es un paso que debí dar hace mucho tiempo atrás, pero nunca es tarde para seguir en la lucha, así que aquí estoy aportando un granito de arena en este inmenso mar de conocimientos por descubrir, .....*

*por lo que mis más sinceros agradecimientos son....:*

*A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, mi alma Mater, cuyas aulas son pilares de formación de excelencia académica, reflejado ello en mucho de mis maestros, colegas de trabajo y amigos.*

*Al Instituto del Mar del Perú, en especial a la Dirección General de Investigaciones de Recursos Pelágicos por permitirme utilizar parte de sus valiosos datos del Programa de Bitácoras de Pesca para el desarrollo de la presente tesis; y por la amistad, enseñanzas y orientación que recibí. Gracias Blgo. Miguel Ñiquen por su importante revisión, pese a su recargada agenda imarpina.*

*A mi asesora Blga. Carmen Yamashiro a quien expreso mi admiración y especial gratitud por sus enseñanzas dentro y fuera de las aulas San Marquinas, su paciencia y aliento en este caminar, la tesis!*

*Al jurado evaluador de la presente tesis, conformado por mi estimado y notable profesor Dr. Marco Espino, la Blga. Silvia Aguilar y el Blgo. Walter Cabrera, cuyas correcciones y sugerencias han contribuido en la culminación de este estudio. También por su tiempo y deferencia en el correr de los tramites.*

*A mis amigos que, de una u otra manera han compartido el inicio y/o fin de este caminar... a Eldita por ser una grandiosa amiga, a Patricia Carbajal -gran amiga, y a Claudio -cuyos consejos académicos y de amistad me ayudaron. Asimismo, a mis grandes amigas de colegio, Cindy Isabel y Kim Ela, por su valiosa y mágica amistad en el tiempo; y a Saria, Alicia y a Jonathan (Dr. Jonás), magnific@s amig@s que conocí!*

*A mis colegas y amigos de Invertebrados Marinos (área donde trabajo), por animarme y apoyarme a terminar esta travesía; y sobre todo por los buenos momentos que compartimos día a día; gracias Ing. Luis, Ricardo, Salomón, Anatolio, Marianelly, Alex y Jimenita. Un agradecimiento especial a Juan Arguelles por sus importantes alcances y tiempo para brindarme sus comentarios, ánimos y buenos consejos.*

*Finalmente, a toda mi familia, mis padres (Américo<sup>†</sup> y Eufemia), herman@s, sobrin@s y ti@s, que pese a los matices los quiero mucho!!*

*Gracias*

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>»»»</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>»»»</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>01</b>
<b>2. OBJETIVOS E HIPOTESIS</b>	<b>03</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b>	<b>04</b>
<b>3.1 DE LA ESPECIE</b>	<b>04</b>
3.1.1. Posición taxonómica y características de la especie jurel .....	04
3.1.2. Distribución geográfica del jurel en el Pacífico Sur .....	05
3.1.3. Importancia ecológica del jurel .....	06
3.1.4. Hipótesis sobre la(s) población del jurel en el Pacífico Sur .....	06
3.1.5. El jurel en aguas peruanas .....	07
3.1.6. Sinopsis de la pesquería del recurso jurel .....	08
<b>3.2. DE LA IMPORTANCIA DEL PROGRAMA DE OBSERVADORES A BORDO</b>	<b>09</b>
3.2.1. Desarrollo del Programa de Bitácoras de Pesca (PBP) en Perú .....	10
<b>3.3. DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL MAR PERUANO</b>	<b>12</b>
3.3.1. Sistema de corrientes en el mar peruano .....	12
3.3.2. Masas de agua en el mar peruano .....	13
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
4.1. Fuente de información .....	15
4.2. Área y periodo de estudio .....	16
4.3. Caracterización espacio-temporal de la distribución de las capturas del jurel .....	16
4.4. Identificación de cambios espaciales en la distribución de las capturas del jurel .....	17
4.5. Análisis de la interacción espacial entre masas de agua-capturas del jurel .....	19
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>20</b>
5.1. Variación anual de los tipos de lance de pesca .....	20

5.2. Capturas de jurel por lance y capacidad de bodega .....	22
<b><u>5.3 CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS CAPTURAS DE JUREL</u></b> .....	<b>23</b>
5.3.1. Variación de las capturas del jurel entre puntos de pesca cercanos por día .....	23
5.3.2. Variación mensual de las capturas del jurel por lance .....	23
5.3.3. Variación anual de las capturas del jurel por viaje y lance .....	24
5.3.4. Variación anual del esfuerzo pesquero .....	25
5.3.5. Espacialización anual de las capturas del jurel y esfuerzo pesquero .....	26
<b><u>5.4 IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS ESPACIALES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPTURAS DEL JUREL</u></b> .....	<b>32</b>
5.4.1. Variación anual de los centros de gravedad latitudinal ( $CG_{Lat}$ ) .....	32
5.4.2. Variación anual de los centros de gravedad de distancia a la costa ( $CG_{DC}$ ) .....	34
5.4.3. Variación anual de la inercia espacial ( $I_e$ ) de las capturas .....	35
<b><u>5.5. INTERACCIÓN MASAS DE AGUA - CAPTURAS DEL JUREL</u></b> .....	<b>37</b>
5.5.1. Análisis exploratorio a partir de los puntos de capturas .....	37
5.5.2. Presencia y abundancia relativa del jurel por masas de agua .....	37
5.5.3 Análisis integrado de la presencia y CPUE del jurel por masas de agua .....	45
<b><u>6. DISCUSIÓN</u></b> .....	<b>47</b>
6.1. El jurel en aguas peruanas: distribución, abundancias y pesquería.....	47
6.2. Caracterización espacio – temporal de las capturas del jurel.....	49
6.3. Identificación de cambios espaciales en la distribución de las capturas del jurel.....	51
6.4. Interacción masas de agua – capturas del jurel.....	53
<b><u>7. CONCLUSIONES</u></b> .....	<b>56</b>
<b><u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b> .....	<b>58</b>
<b><u>9. ANEXOS</u></b> .....	<b>64</b>

## **Lista de Figuras**

- Figura 1.** Clasificación taxonómica, nombres por idioma y FAO, y estado de conservación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, siglas en inglés).....4
- Figura 2.** Distribución espacial del jurel *Trachurus murphyi* en el océano Pacífico Sur. Los rectángulos muestran las zonas de concentraciones comerciales. A: Stock chileno Centro – Sur, B: Stock chileno Norte; C: Stock peruano: D1 y D2: Stock Centro – Sur del Pacífico Suroccidental. Elaboración Propia a partir de Gerlatto *et al.* (2012).....5
- Figura 3.** Desembarque de las capturas del jurel en el mar peruano entre 1950 y 2015. La figura lado izquierdo superior el desembarque total de jurel en el Pacífico Suroriental (Fuente: Fishstat FAO, 2016). En números rojos se indican años de eventos “El Niño”. El recuadro inferior muestra los tipos de flota dirigidos al jurel en el mar peruano (Fuente Niquen *et al.*, 2013). Elaboración propia.....9
- Figura 4.** Formularios de Bitácora de pesca utilizados entre los años 1996 y 2007 de Programa de Bitácoras de Pesca de IMARPE. Formato otorgado por la DGIRP – IMARPE.....11
- Figura 5.** Esquema (mapas) del sistema de corrientes del mar peruano, tomado de Chaigneau *et al.* (2013). En los mapas, las siglas de las corrientes se presentan en inglés y en el texto en español e inglés (cursiva).....12
- Figura 6.** Esquema de la distribución de masas de agua superficiales frente a las costas peruanas en condiciones normales y El Niño (según Morón & Sarmiento, 1999). Tomado de Graco *et al.* (2007)...14
- Figura 7.** (A) Distribución de los observadores a bordo en el litoral peruano. (B) Actividades realizadas durante un viaje pesquero (Tomado del PBP) y (C) Registro espacial de las capturas del recurso jurel realizado por la flota industrial de cerco entre 1996 y 2007.....15
- Figura 8.** Representación de la escala de colores utilizado en los mapas de distribución de las masas de agua del mar peruano. A partir de ello se tipificó cada lance de pesca.....19
- Figura 9.** Distribución de los lances de pesca de la flota de cerco en el mar peruano, registrados por el PBP entre 1996 y 2007. Los lances positivos refieren a capturas de jurel, los negativos a capturas de otra especie y nulos sin captura de ninguna especie. Los años en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.....21
- Figura 10.** Variación anual de la frecuencia de tipos de lances de pesca obtenidos a partir de los registros del PBP que realizó a la flota de cerco entre 1996 y 2007. Los \* en matices rojo indica años de eventos “El Niño” y en azul eventos “La Niña”.....22
- Figura 11.** Frecuencia de lance por rangos de captura de jurel y por estratos de capacidad de bodega, obtenidas a partir de los lances de pesca de la flota de cerco registrado por el PBP entre 1996 y 2007.....22
- Figura 12.** Captura promedio (t) del jurel entre puntos de pesca cercanos efectuados en un mismo día por la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En el recuadro sombreado se presenta la distancia promedio anual entre puntos de pesca cercanos y las líneas rojas representan el promedio anual de las capturas. Los años en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul eventos “La Niña”.....23
- Figura 13.** Variación mensual de las capturas por lance – vje (A - B) y variación mensual en la proporción de las capturas (C - D) obtenidas por la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007.....24
- Figura 14.** Variación anual de capturas del jurel por viaje (A) y capturas del jurel por lance-viaje (B) de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En cada escenario de pesca (E1 y E2) se

presenta el valor promedio (x). Los \* en matices rojos indican eventos El Niño y en azules La Niña.....25

**Figura 15.** Variación anual de esfuerzo de pesca, tiempo de búsqueda (A) y número de lances (B) por viajes de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En cada escenario de pesca (E1 y E2) se presenta el valor promedio (x). Los \* en matices rojos indican eventos El Niño y en azules La Niña.....25

**Figura 16.1.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ . En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.....27

**Figura 16.2.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ . En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.....28

**Figura 16.3.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ . En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.....30

**Figura 16.4.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ . En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.....31

**Figura 17.** Variación anual de los centros de gravedad latitudinal de las capturas del jurel de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. Los puntos al lado izquierdo de cada diagrama de cajas indican la dispersión de los CG. Los \* en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.....32

**Figura 18.** Diagrama de cajas de los  $CG_{Lat}$  de las capturas del jurel por escenarios de pesca de la flota cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. Los puntos al lado izquierdo indican la dispersión de los  $CG_{Lat}$ .....34

**Figura 19.** Variación anual (A) y latitudinal (B) de centros de gravedad de distancia a la costa ( $CG_{DC}$ ) de las capturas de jurel de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. Los \* en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.....35

**Figura 20.** Variación anual de la inercia espacial (A) y el esfuerzo pesquero: tiempo de búsqueda (B) y número de lances (C), y la CPUE (D) de las capturas de jurel de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En cada escenario de pesca (E1 y E2) se presenta el promedio (X) de cada variable. Los \* en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.....36

**Figura 21.1.** Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 1996 -1998. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.....41

**Figura 21.2.** Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 1999 -2001. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.....42

**Figura 21.3.** Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 2002 -2004. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.....43

**Figura 21.4.** Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 2005 -2007. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.....44

**Figura 22.** Análisis integrado de la presencia (%) y CPUE de las capturas del jurel de la flota de cerco por masas de agua para el periodo de los veranos 1996 – 2007.....45

## **Lista de Tablas**

**Tabla 1.** Propiedades de las masas de agua en el mar peruano (Morón, 2000).....13

**Tabla 2.** Resultados de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis comparando los  $CG_{Lat}$  por años de las captura del jurel, obtenidas por el PBP durante 1996 – 2001.....33

**Tabla 3.** Resultados de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis comparando los  $CG_{Lat}$  por años de las captura del jurel, obtenidas por el PBP durante 2002 – 200.....33

**Tabla 4.** Porcentaje de lances de pesca por tipo de masa de agua y por rangos de capturas jurel por lance de la flota de cerco para el periodo de los veranos 1996 – 2007.....46

## RESUMEN

---

*El objetivo del presente estudio fue identificar y describir los cambios espacio - temporal de las capturas del jurel en el mar peruano y explorar la relación de las mismas con las masas de agua. Se utilizó datos de capturas georreferenciadas de la flota de cerco industrial entre 1996 y 2007, obtenidas por el Programa de Bitácoras de Pesca - IMARPE. A partir de ellos se analizó a una escala anual, estacional y diaria el comportamiento de las capturas y esfuerzo pesquero mediante análisis de tendencia central y mapeos. Se estimaron los índices espaciales centros de gravedad e inercia espacial de las capturas.*

*Los resultados de los centros de gravedad de las capturas mostraron un cambio latitudinal significativo de norte a sur de las zonas de pesca. Esto marcó dos escenarios espaciales de las capturas, teniendo como punto de quiebre el año 2002. El primero de ellos (1996 – 2001) concentró la pesca en la región Norte, con capturas promedios por lance de 54.5t; y el segundo (2002 – 2007) en la región Centro Sur, con capturas promedios por lance de 60.2 t. Asociado al cambio latitudinal, el tiempo de búsqueda del recurso y número de lances incrementaron hacia el escenario 2. Esto significó un mayor esfuerzo para encontrar y capturar jurel frente a la región Centro - Sur, reflejado en el incremento promedio de 10.8 a 23.8 horas en la búsqueda de cardúmenes y de 3.8 a 6.8 lances por viaje. No se identificó un patrón definido entre años de eventos cálidos (El Niño) o fríos (La Niña) y la distribución de las capturas, aunque hubo diferencias importantes respecto al antes, durante y después del desarrollo de un evento cálido de magnitud moderada a más. Por distancia a la costa, en años cálidos las capturas se concentraron y ubicaron más próximas a costa y en años fríos se dispersaron y alejaron de costa. La interacción masas de agua – capturas del jurel, indicarían que la disponibilidad del jurel hacia la flota fue independiente del tipo de masas de agua, ya que zonas de mayor o menor pesca en términos de presencia (% lances de pesca con jurel) y CPUE (t/lance-vje) no fueron exclusivas a un tipo de masas de agua.*

*El cambio latitudinal de las zonas de pesca del jurel, asociado a la búsqueda de mejores concentraciones del recurso, se explicaría a los cambios en la distribución, abundancia y disponibilidad que ha venido experimentando el jurel durante las últimas décadas, probablemente determinado por las fluctuaciones de las condiciones oceanográficas, lo cual ha repercutido en su disponibilidad hacia la pesca y magnitud de sus desembarques en el mar peruano.*



## ABSTRACT

---

*The aim of this study was to identify and describe the spatial - temporal variations of jack mackerel's catches in the Peruvian sea and to explore its relationship with the distribution of water masses. It was used data georeferenced catches of the industrial purse seiner fleet between 1996 and 2007, obtained by "Programa de Bitácoras de Pesca" - IMARPE. From them, the behavior of the catches and fishing effort was analyzed on an annual, seasonal and daily scale by statistical analysis of central tendency and mappings. Spatial indices were estimated centers of gravity and spatial inertia of the catches.*

*The results of the centers of gravity of the catches showed a significant latitudinal change from north to south of the fishing zones. This marked two spatial scenarios of the catches, having as a break point the year 2002. The first one (1996 - 2001) concentrated fishing in the North region, with average catch of 54.5 tonnes by set; and the second (2002 - 2007) in the South Central region, with average catch of 60.2 tonnes by set. Associated to the latitudinal change, the time of search of the resource and number of sets increased to scenario 2. This mean a more effort to find and capture jack mackerel in front of the Center - South region, clearly reflected by the increase of the average time from 10.8 to 23.8 hours for the searching of shoals and from 3.8 to 6.8 the number of fishing sets per trip. A definite pattern was not identified between the presence of warm (El Niño) or cold (La Niña) events and the distribution of jack mackerel catches, although there were important differences in relation to the before, during and after the development of a warm event, of moderate magnitude to plus. By distance to the coast, in warm years the catches were concentrated and located closer to the coast and in cold years they dispersed and off from the coast. The interaction of water masses – jack mackerel catches, would indicate that its availability to the fleet was independent of the type of water masses, observing their catches in all of them. Furthermore, areas of greater or lesser fishing, in terms of presence (% sets with jack mackerel's captures) and CPUE (t / set-trip) were not exclusive to one type of water masses.*

*The latitudinal change of the fishing zones of jack mackerel would be explained by the changes in the distribution, abundance and availability that the jack mackerel has been experiencing during the last decades, probably associated to fluctuations of the oceanographic conditions, which has affected its availability towards fishing and the magnitude of their landings in the Peruvian sea.*

## 1. INTRODUCCIÓN

---

El jurel (*Trachurus murphyi*, Nichols 1920) constituye una especie importante en aguas costeras y oceánicas del Pacífico Sur, debido a su gran tamaño poblacional y grandes desplazamientos espaciales. Estas características definen al jurel como uno de los principales peces pelágicos que sustenta la pesca mundial, con capturas anuales que han alcanzado entre 3 y 5 millones de toneladas en la década de 1990, aunque luego descendieron a menos de un millón de toneladas en el 2010 (FAO, 2010). Actualmente, más de 10 países, entre estados ribereños de la región Sur como: Perú, Chile y Ecuador, y no ribereños como: Belice, China, Islas Cook, Cuba, Unión Europea (Países Bajos, Alemania y Lituania), Islas Feroe, Corea, Japón, Federación de Rusia, Ucrania y Vanuatu están involucrados en la pesca del jurel, abarcando Perú el 10 a 30% de las capturas (SPRFMO, 2014-(OROP-PS, siglas en español)).

Si bien Perú aún no cuenta con una pesquería completamente dirigida al jurel, las estadísticas de los desembarques, desde los años setenta, lo ubican dentro de las tres primeras especies más importantes en la pesquería pelágica (Ñiquen *et al.*, 2013). Estas capturas inicialmente eran destinadas al consumo humano directo e indirecto, posteriormente a partir del 2002, se estableció su uso exclusivo para el consumo humano directo (D.S. 001-2002-PRODUCE). Es así que antes del 2002, más de 500 embarcaciones de 1200 aproximadamente que conforman la flota de cerco industrial capturaron jurel ya sea de manera incidental o dirigida, en este último caso principalmente en periodos de veda de la anchoveta. Después del 2000, este esfuerzo pesquero disminuyó notoriamente, y se ha mantenido casi estable con alrededor de 100 embarcaciones orientadas al jurel.

Existe preocupación por el estado poblacional del jurel y su manejo pesquero, ya que, a partir de 1995, se ha observado en todo el Pacífico Sur una disminución significativa de sus niveles de abundancia, reflejado tanto en los bajos volúmenes de capturas, estimaciones de biomاسas y cambios en su distribución geográfica. Esta situación, ha sido tema de discusión en la comunidad científica y política internacional para encontrar respuesta a los cuestionamientos respecto a si todo el jurel presente en el Pacífico Sur forma parte de una única población, o se trataría de distintas sub-poblaciones, adaptados a las condiciones locales, pero con cierto grado de interdependencia (SPRFMO, 2008-(OROP-PS, siglas en español)). Al respecto, Perú a partir de sus diversos estudios biológicos, ecológicos, poblacionales y pesqueros sobre el jurel, sostiene que esta especie que habita en el mar peruano es una subpoblación separada de otras subpoblaciones (IMARPE-PRODUCE, 2012).

El jurel del mar peruano también ha experimentado importantes cambios espaciales. Diversas investigaciones y reportes históricos de la pesca en la década de 1990, mencionan que el jurel concentraba sus mayores biomásas, casi siempre, de norte a sur a lo largo de todo el dominio marítimo peruano (Serra, 1991; Dioses, 1995; Gretchina, 1998). Sin embargo, después de 1998, de acuerdo a las prospecciones científicas y seguimiento de la actividad pesquera, se observa que el jurel ha “limitado” su distribución casi exclusivamente a la zona centro sur, con mayor presencia hacia el sur. Asimismo, su biomasa disminuyó significativamente, pasando de un promedio de 4.6 millones de toneladas anuales entre 1983 y 1996 a 0.4 millones de toneladas entre 1997 y 2012 (Segura & Aliaga, 2013). Cambios similares han sido registrados en Chile a través del descenso significativo de las capturas, lo cual hizo inferir una probable migración de este recurso hacia otras latitudes tales como Perú, Nueva Zelanda y Australia. Sin embargo, las estadísticas pesqueras han demostrado que en estas zonas no se han reportado incrementos sustanciales en las capturas de este recurso.

Entender las razones de dichos cambios en la dinámica espacial del jurel del mar peruano aún es complejo. Por un lado, debido a las propias características de la especie, como su: amplia distribución horizontal y vertical (Serra 1991), amplia capacidad de explotar diferentes condiciones oceanográficas (Ganoza, 1998; Bertrand *et al.*, 2004) y amplio espectro alimenticio (Konchina, 1980; Alegre *et al.*, 2013). De otro lado, los sistemas de observación *in situ* al no estar necesariamente en función del jurel, debido principalmente al alto costo que demanda, quedan sujetos a la cobertura espacio temporal de otras especies, como la anchoveta, cuyo habita es normalmente hasta los 80 ó 100 mn de la costa (Ñiquen & Bouchon, 1991), mientras que el jurel se distribuye dentro y fuera de las 200 mn (Dioses, 1995). Este sesgo es observado tanto en las campañas de los cruceros científicos como en el monitoreo *in situ* de la flota de cerco. En este último caso, el jurel al ser un recurso alternativo para la flota de cerco, muchas veces las embarcaciones cambian su objetivo de captura cada vez que se apertura la temporada de pesca de anchoveta. Esta alternancia, hace que los muestreos no siempre puedan recopilar todos los datos requeridos para una especie transzonal como el jurel.

Sin embargo, a pesar de ello, la información colectada *in situ* de las actividades de pesca, por el Programa de Observadores a Bordo (PBP) de IMARPE, aporta una muy importante cobertura espacial y temporal del recurso en estudio. En este sentido, el objetivo del presente estudio es determinar los cambios en la distribución espacial de las capturas de jurel en el mar peruano durante el periodo 1996 – 2007 y explorar su posible relación espacial con la distribución de las masas de agua.

## 2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

---

### 2.1. Objetivo General

Determinar los cambios espaciales de las capturas del jurel en el mar peruano entre 1996 y 2007 y explorar su posible relación espacial con la distribución de las masas de agua, mediante el análisis de los registros georreferenciados *in situ* de las capturas comerciales del jurel de la flota de cerco.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la distribución espacial de las capturas de jurel entre 1996 y el 2007.
- Identificar y cuantificar los cambios espacio – temporales en la distribución de las capturas del jurel entre 1996 y 2007.
- Explorar la posible relación espacial de las capturas del jurel y la distribución de las masas de agua.

### 2.3. Hipótesis

**Hipótesis 1:** Las capturas del recurso jurel (*Trachurus murphyi*) han experimentado cambios en su distribución espacial en el mar peruano entre 1996 y 2007.

**Hipótesis 2:** El recurso jurel (*Trachurus murphyi*) está asociado o tiene preferencia por un tipo de masa de agua.

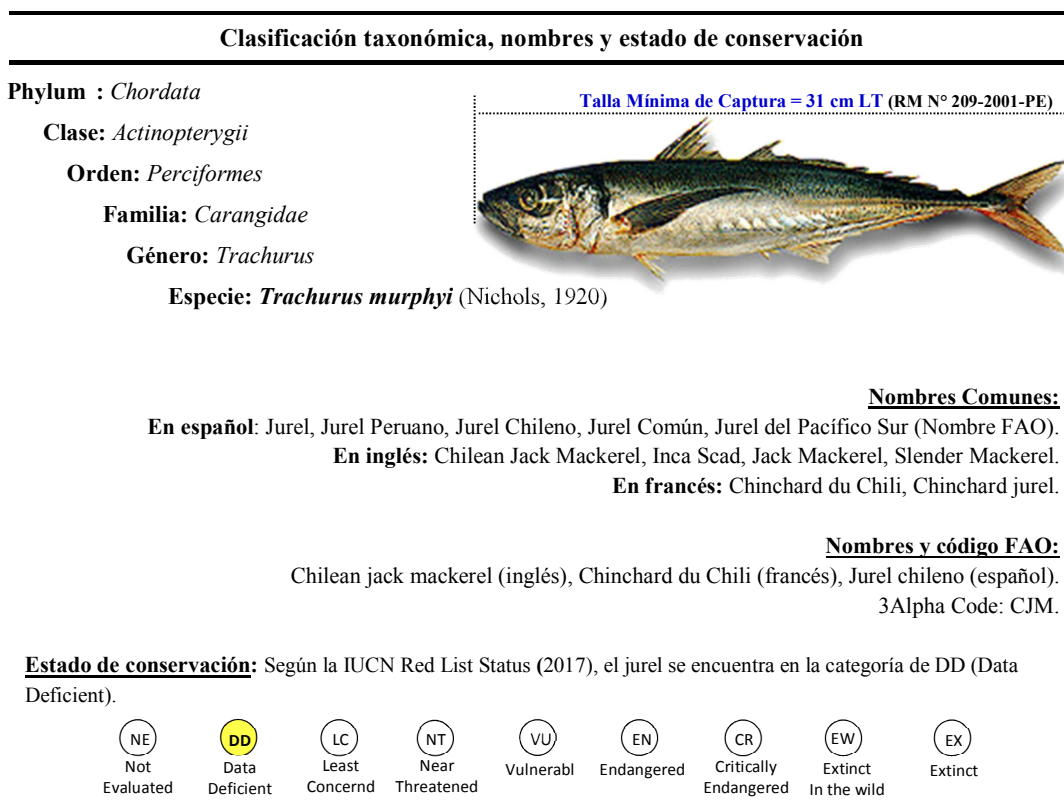
### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. DE LA ESPECIE

##### 3.1.1 Posición taxonómica y características de la especie jurel

El Sistema de Información Taxonómica Integrada (ITIS, siglas en inglés: <http://www.itis.gov/>) clasifica al género *Trachurus* en 16 especies. Tres de ellas existen en el océano Pacífico Sur: *T. murphyi*, *T. declivis* y *T. novaezelandiae*. Las dos últimas habitan en el Pacífico Occidental casi exclusivamente en aguas costeras dentro de las zonas económicas exclusivas mientras que *T. murphyi*, especie más importante de su género, se distribuye ampliamente a lo largo de las aguas costeras y oceánicas del Pacífico Sur (FAO s.f).

Oyarzún, (1998), menciona que el investigador Nichols en 1920 nombra científicamente al jurel como *T. murphyi* en distinción al señor Murphy, quien colectó ejemplares de jurel en las islas Chinchas de Perú. En la figura 1 se presenta su clasificación taxonómica, nombres y estado de conservación según la IUCN Red List Status (2017).

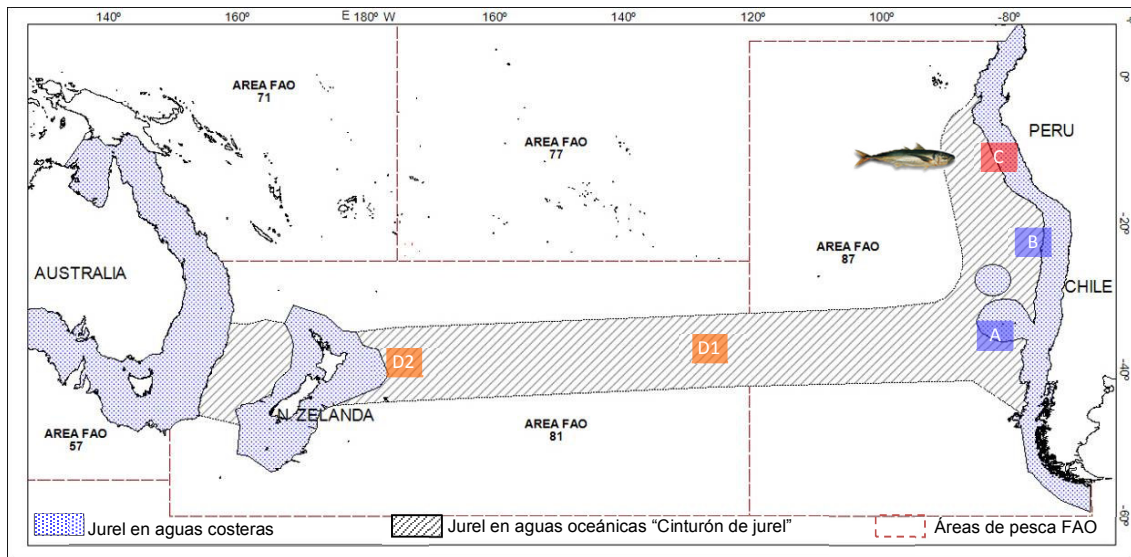


**Figura 1.** Clasificación taxonómica, nombres por idioma y FAO, y estado de conservación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, siglas en inglés).

Algunas características distintivas del recurso jurel (Web IMARPE, s.f) son: Cuerpo fusiforme, pedúnculo caudal muy fino y cola bifurcada con una quilla lateral formada por las escamas engrosadas que constituyen el término de la línea lateral, la que está cubierta de escamas transformadas en escudos y tiene una curva característica (Fig.1). Presenta una coloración azul grisácea en el dorso, los lados y el vientre son plateados. Pueden vivir hasta 15 años, con longitudes de 70 cm.

### 3.1.2. Distribución geográfica del jurel en el Pacífico Sur

Inicialmente, se consideraba que el jurel habitaba sólo a lo largo de las costas de Perú y Chile por donde fluye la Corriente Costera Peruana (Gretchina, 1998). Sin embargo, investigaciones posteriores reportaron su presencia frente a las costas de Ecuador (Aguilar, 1993) y sobretodo determinaron que es una especie pelágica-oceánica, con una distribución que se extiende mucho más allá de las 200 millas náuticas, frente a las costas de Perú y Chile (Serra, 1991; Gretchina, 1998). Incluso, en periodos de altas abundancias presenta una distribución transoceánica, extendiéndose desde las costas de Chile (entre los 30°S a 50°S) hasta las costas de Nueva Zelanda y Australia, “formando” una franja de 600 a 900 mn de ancho, a la cual Elizarov *et al.*, (1993) denominaron “El Cinturón de Jurel” del Océano Pacífico Sur (Fig. 2).



**Figura 2.** Distribución espacial del jurel *Trachurus murphyi* en el océano Pacífico Sur. Los rectángulos muestran las zonas de concentraciones comerciales. A: Stock chileno Centro – Sur, B: Stock chileno Norte; C: Stock peruano; D1 y D2: Stock Centro – Sur del Pacífico Suroccidental.  
Elaboración Propia a partir de Gerlatto *et al.* (2012)

### 3.1.3. Importancia ecológica del jurel

El jurel representa una especie clave a lo largo de todo el Pacífico Sur debido a su gran tamaño poblacional, grandes desplazamientos horizontales y verticales, y amplia plasticidad alimenticia, características que forma parte elemental de las interacciones tróficas. Su naturaleza migratoria lo caracteriza como una especie heterópica, es decir con capacidad de desarrollarse en distintos biotopos, asegurando su supervivencia en condiciones limitantes (Konchina, 1990, citado en Miranda *et al.* 1998). Por ejemplo, su presencia ha sido observada en una variedad de condiciones térmicas, en rangos de temperatura de 14 a 23°C frente a costas peruanas (Dioses 1995) y de 8 a 22.5°C frente a costas chilenas (Nekrasov *et al.*, 1987). En el aspecto alimenticio, el jurel a lo largo del Pacífico Sur depreda principalmente sobre presas zooplanctónicas más que en peces pelágicos (Miranda *et al.*, 1998; Alegre *et al.*, 2013). El jurel también se caracteriza por presentar hábitos gregarios, cuya dinámica diaria de formación de cardúmenes y ubicación vertical es diferente entre el día y noche<sup>1</sup> (Galaktionov, 1994, Kuznetsov, 1994).

### 3.1.4. Hipótesis sobre la(s) población (es) del jurel en el Pacífico Sur

Los diferentes estudios ecológicos-poblacionales realizados sobre jurel han llevado a plantear diversas hipótesis sobre la existencia de una o más poblaciones a lo largo de toda su distribución. Gretchina (1998), refiere que investigadores rusos concluyen la existencia de dos subpoblaciones mutuamente dependientes entre sí, la costera y la oceánica. Otra de las hipótesis planteadas es que a lo largo del Pacífico Sur habría dos subpoblaciones de jurel autosuficientes, una frente al norte-centro de Perú y la otra en Chile, extendiéndose hasta aguas oceánicas (Serra 1991 y SPRFMO, 2008-(OROP-PS, siglas en español)). Cárdenas *et al.*, (2009), mediante estudios genéticos sustentó la existencia de una sola población, hipótesis que fuera planteada previamente por Parin 1984, Evseenko, 1987 y Nazarov & Nesterov 1990 (Citados en Gretchina 1998).

El Instituto del Mar del Perú - IMARPE, mediante diversos estudios basados en la componente ambiental (Espino, 2013; Flores, 2013); aspecto biológicos, poblacionales y ecológicos (Segura y Aliaga, 2013; Dioses, 2013; Ayón & Correa 2013; Alegre *et al.*, 2013, Gerlotto *et al.*, 2012) y pesqueros (Ñiquen *et al.*, 2013) sustentan la hipótesis considerada por

---

<sup>1</sup> En el día los cardúmenes se caracterizan por ser bien definidos, con dimensiones promedios de 12 a 30 m de alto y de 20 a 40 m de ancho, a profundidades promedios de 20 a 50 m (zona norte peruana 6°-15°S), de 30 a 80 (zona sur peruana 15°-24°S) y de 20 a 250 m (zona chilena 37°-43°S). En la noche los cardúmenes al ascender a la superficie se tornan en concentraciones amorfas y mezcladas, “configurando” cardúmenes más pequeños de 1 a 15 m de alto y menores a 40 m de ancho, ubicándose a profundidades de 0 a 40 m (zona norte peruana 6°-15°S), de 0 a 60 m (zona sur peruana 15°-24°S) y de 0 a 120 m (zona chilena 37°-43°S) (Galaktionov, 1994, Kuznetsov, 1994).

la SPRFMO 2008 - (OROP-PS, siglas en español), definiendo que “el jurel capturado en las costas de Perú y Chile constituyen existencias separadas que se extienden a alta mar” lo que significa un stock autónomo bien definido de jurel frente a Perú y un stock mucho más grande del sur de Chile (IMARPE-PRODUCE, 2012).

Estas hipótesis aún siguen en discusión, principalmente porque las poblaciones de jurel han experimentado importantes cambios en su distribución y abundancia durante los últimos años.

En general, un aspecto convergente en la mayoría de investigaciones antes mencionadas se refiere a que las poblaciones existentes serían mutuamente dependientes, es decir que el impacto positivo y/o negativo sobre una podría afectar a la otra, aunque aún no se ha determinado su grado de interdependencia. Ejemplo de ello, se podría encontrar en lo sucedido durante los eventos cálidos. En este caso, la población de jurel de Chile vio afectada su distribución y abundancia a causa de El Niño 1997-1998, ocasionando su desplazamiento más hacia el sur y oeste (Arcos *et al.*, 2004; Peña y Valderrama, 2008). Hecho similar habría ocurrido con el jurel del centro norte del Perú, en el que una parte de la población habría migrado hacia el norte y otra al sur (Bertrand *et al.*, 2004).

### **3.1.5. El jurel en aguas peruanas**

El mar peruano constituye una de las principales zonas de actividad reproductiva del jurel, identificándose en el tiempo una constante dinámica reproductiva y larval, que sustentan la renovación de la población del jurel en el mar peruano (IMARPE-PRODUCE, 2012; Ayón & Correa, 2013) (Anexo 1). Dioses (1995) y Gretchina *et al.* (1998) mencionan que el jurel tendría como hábitat preferencial los frentes oceánicos formados por la convergencia de las aguas costeras frías y aguas subtropicales superficiales en el mar peruano. Sin embargo, Ganoza (1998) y Bertrand *et al.* (2004) manifiestan que jurel sería una especie ubicua sin preferencia particular por una masa de agua específica. Por otro lado, hasta antes de 1998, las mayores concentraciones de jurel se reportaban frente a la zona norte de Perú (Serra, 1991; Dioses, 1995). Después del evento cálido El Niño 1997-1998, el jurel experimentó una drástica disminución, pasando de un promedio de 2.5 millones de toneladas anuales (1983 al 1996) a 0.1 millones de toneladas (1997 al 2007). Este impacto fue más significativo en la zona norte (Anexo 2).

Estos cambios aún son tema de discusión. El jurel después de los eventos El Niño 1982-1983, 1986-87 y 1992-1993 recobraba sus valores “normales” de biomasa (Ganoza, 1998),



situación que no ocurrió después de El Niño 1997 - 1998 (Bertrand *et al.*, 2004). Este mismo patrón se observó para los núcleos poblacionales del jurel de Chile durante El Niño 1997-1998 (Peña & Valderrama, 2008). Al respecto, Cañón (2004) menciona que la abundancia del jurel en el norte de Chile estaría condicionada principalmente a cambios en los factores oceanográficos, más que a los efectos de la pesca.

### **3.1.6. Sinopsis de la pesquería del jurel**

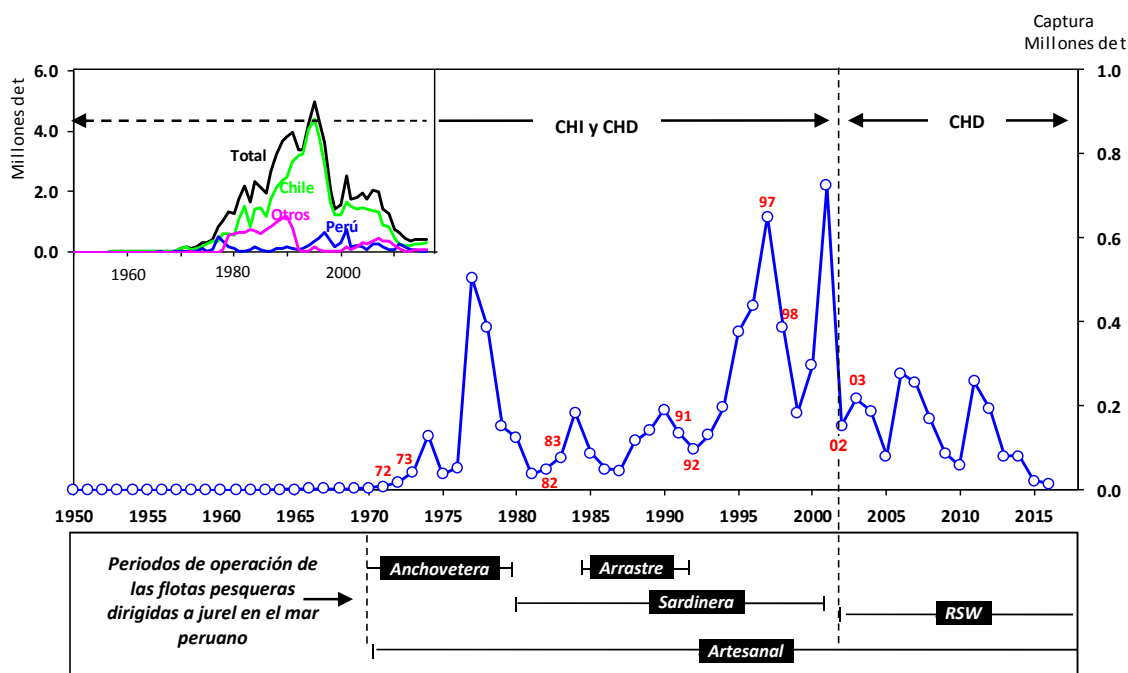
De acuerdo a las estadísticas pesqueras de la FAO, el jurel constituye uno de los principales peces pelágicos que sustenta la pesca mundial, con capturas anuales que han variado entre 3 y 5 millones de toneladas en la década de 1990, para luego descender a menos de un millón de toneladas en el 2010 (FAO, 2010). Actualmente, entre los países que ejercen acción de pesca sobre el jurel se encuentran estados ribereños de la región Sur como Perú, Chile y Ecuador, y no ribereños como China, Países Bajos, Corea, Belice, Vanuatu y otros. Al año 2010, Chile ha sido el país que ha realizado una mayor pesca, cuyos volúmenes de extracción anual representaron más de 65 % de las capturas; mientras que Perú entre 10% y 30% de éstas (FAO, 2010).

**La pesquería del jurel en Perú.** – Ñiquén *et al.* (2013) realizaron una recopilación importante sobre la pesquería del jurel en aguas peruanas. Al respecto menciona que los primeros registros de capturas de jurel se dieron en 1939 con volúmenes menores a 10 toneladas, situación que se mantuvo hasta inicios de 1960. La “explotación” del jurel a mayor escala se inicia como pesca incidental por la flota industrial de cerco (Salazar & Ganoza, 1989), posteriormente como un recurso alternativo principalmente en periodos de veda de la pesca de anchoveta, y finalmente desde el 2000 constituye un recurso objetivo que ha llegado incluso a posicionarse en el segundo lugar en cifras estadísticas después de la anchoveta.

Es importante destacar la variabilidad de los volúmenes de capturas del jurel y los diversos tipos de flota involucrados en su explotación en el tiempo (Fig. 3). Inicialmente sus capturas eran destinadas al consumo humano directo (CHD) e indirecto (CHI), y a partir del 2002 mediante el DS N° 001-2002-PRODUCE se estableció su uso exclusivo para el consumo humano directo (CHD), iniciándose con ello el otorgamiento de cuotas de captura para esta especie.

Asimismo, se permitió el desarrollo de una flota industrial con sistema de refrigeración RSW (Refrigerated Sea Water), con características especiales para consumo humano directo

(Ñiquen, 2013). Es así que, desde antes del 2002, más de 500 embarcaciones de las 1200 aproximadamente que conforman la flota de cerco industrial, dirigen su pesca a jurel principalmente en periodos de veda de la anchoveta (Fig. 3).



**Figura 3.** Desembarque de las capturas del jurel en el mar peruano entre 1950 y 2015. La figura lado izquierdo superior el desembarque total de jurel en el Pacífico Suroriental (Fuente: Fishstat FAO, 2016). En números rojos se indican años de eventos “El Niño”. El recuadro inferior muestra los tipos de flota dirigidos al jurel en el mar peruano (Fuente Ñiquen *et al.*, 2013). Elaboración propia.

En el marco actual, el ordenamiento de la pesquería del jurel está sujeta a las siguientes medidas y restricciones como: tamaño mínimo de malla para las redes, tolerancia del 30% de jureles juveniles en las capturas y desde el 2003 la aplicación de cuotas de captura para determinados periodos (Zuzunaga, 2013).

### 3.2. DE LA IMPORTANCIA DEL PROGRAMA DE OBSERVADORES A BORDO

Los programas de observadores a bordo son reconocidos a nivel mundial como una importante herramienta de conocimiento biológico-pesquero-oceanográfico, cuya riqueza de información colectada *in situ* durante las faenas de pesca contribuye en la evaluación del estado de las poblaciones de peces comerciales y demás componentes del ecosistema (Davies S, 2002).

### 3.2.1. Desarrollo del Programa de Bitácoras de Pesca (PBP) en Perú

El Perú cuenta con una importante plataforma de observadores a bordo, denominado Programa de Bitácoras de Pesca (PBP) del IMARPE, cuyo objetivo es monitorear *in situ* las faenas de pesca de la flota industrial de cerco dirigidos a la pesca de recursos pelágicos. El programa remonta sus inicios a los años setenta, periodo en que ocurrió una drástica caída de las abundancias de anchoveta por la alta presión de pesca y la ocurrencia de El Niño 1972-1973 (Csirke, 1990). Esta situación conllevó a la búsqueda de medidas más reales del esfuerzo de pesca aplicado, iniciándose así el monitoreo *in situ* de las faenas de pesca de la flota industrial, mediante el registro de unidades de esfuerzo pesquero efectivo, como: duración del viaje, captura por cala, entre otros. Siendo en ese entonces, las bitácoras, denominados “Partes de Pesca”, llenadas por los patrones de pesca de cada embarcación.

El PBP, desde su reinicio en 1996, ha ido incorporando más variables a medir, logrando con ello tener más elementos de información biológica, pesquera, ambiental y ecológica.

Actualmente, el PBP cuenta con más de 20 observadores a bordo, entre biólogos, ingenieros y técnicos pesqueros, quienes, en temporadas de pesca, son designados de manera aleatoria a abordar un barco para realizar el monitoreo respectivo, recopilando la siguiente información (IMARPE, 2010) (Fig. 4):

1. Del barco: Nombre, matrícula y características de la embarcación como: capacidad de bodega, sistema de refrigeración, tipo de barco, tipo de equipos de navegación y detección, etc.
2. Del viaje: Puerto, fecha y hora de zarpe y arribo, horas de trayecto y búsqueda de cardúmenes, número total de lances realizados y captura total.
3. Del lance de pesca: En cada lance se registra la fecha, hora y ubicación (latitud y longitud), profundidad, captura, composición por especies y biometría de cada especie capturada, tipología de registros acústicos, características del mar, interacción con depredadores superiores, etc.
4. De la interacción pesca-depredadores superiores: Avistamiento de aves, mamíferos y tortugas.

A partir de dicha información y dentro del contexto de un manejo ecosistémico para el mar peruano, el IMARPE logra entre sus principales resultados: (1) estimar indicadores de abundancias relativas de los principales recursos pelágicos, (2) conocer las variaciones espacio temporales de los mismos, (3) obtener información sobre la interacción de la pesca con los depredadores superiores y (4) entender el comportamiento espacial de la flota de cerco (Bouchon *et al.*, 1998; IMARPE, 2010).

## Formato de Bitácora de Pesca (1996 – 2007)

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ** **BITÁCORA DE PESCA**

LANCHA: \_\_\_\_\_ MATRÍCULA: \_\_\_\_\_ PUERTO DE SALIDA: \_\_\_\_\_ FECHA DE SALIDA: \_\_\_\_\_ FECHA DE LLEGADA: \_\_\_\_\_

PUERTO DE LLEGADA: \_\_\_\_\_ PLANTA DE DESEMBARQUE: \_\_\_\_\_ CAP. BODEGA: \_\_\_\_\_ CAPTURA OFICIAL: \_\_\_\_\_

TIPO DE RED: ANCHOVETERA(13 mm) ☐ SARDINERA (38mm) ☐ OTROS ☐

HORA	ACTIV. BARRAS	LUGAR DE CALA Y PROFUND. DEL FONDO	N.º	CAPTURA (T)	COMPTON POR ESPECIES	HORA	ACTIV. BARRAS	LUGAR DE CALA Y PROFUND. DEL FONDO	N.º	CAPTURA (T)	COMPTON POR ESPECIES
21.00						00.00					
22.00						01.00					
23.00						02.00					
00.00						03.00					
01.00						04.00					
02.00						05.00					
03.00						06.00					
04.00						07.00					
05.00						08.00					
06.00						09.00					
07.00						10.00					
08.00						11.00					
09.00						12.00					
10.00						13.00					
11.00						14.00					
12.00						15.00					
13.00						16.00					
14.00						17.00					
15.00						18.00					
16.00						19.00					
17.00						20.00					
18.00						21.00					
19.00						22.00					
20.00						23.00					
21.00						00.00					
22.00						01.00					
23.00						02.00					

**ACTIVIDADES**

→ SALIDA

↓ VUJANDO

↻ BUSCANDO

/// CALANDO

← LLEGADA

**ESPECIES (%)**

A ANCHOVETA

S SARDINA

J JUREL

C CABALLA

O OTROS

**DETECCIÓN**

E ECOSONDA

S SONAR

R RADIO

V VISUAL

**INTERACCIÓN CON CETACEOS**

N.º CALA	ESPECIE	N.º APROX. PRES.	CAPT.	FOTOS

NOMBRE DEL PATRON: \_\_\_\_\_

RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

### Registro de información:

- ← Del barco
- ← Del viaje
- ← De la interacción pesca –depredadores superiores

### Registro de información:

- ↓ Del lance de pesca

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ** **FORMULARIO PARA MUESTREO DE CAPTURAS A BORDO** **FOI - C / IMP**

**A. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

1. OPERACIÓN: \_\_\_\_\_ 3. N.º DE LANCE: \_\_\_\_\_

2. EMBARCACIÓN: \_\_\_\_\_ 4. FECHA: \_\_\_\_\_

**B. ARTE DE PESCA**

5. TIPO: A. BOLICHE ☐ B. ARRASTRE ☐ C. CORTINA ☐ D. PANTA ☐ E. OTROS ☐

6. CARACTERÍSTICAS DEL ARTE

A. LONGITUD Y ALTURA (BOLICHE)

B. ABERTURA DE BOCA Y TAMAÑO DE MALLA (CORTINA)

C. MALLA (mm)

D. ANZUELO CANTIDAD ☐ MEDIDA ☐ LONG. ALTURA

**C. PROFUNDIDAD Y UBICACIÓN DEL LANCE**

7. LUGAR DE PESCA Y PROFUNDIDAD (m): \_\_\_\_\_

A. ISOPARAL ☐ FONDO ☐

POSICIÓN DE CALA (GRADO) LATITUD (GRADO) LONGITUD (GRADO) TIEMPO (MINUTO) VELA (MINUTO) VELA (MINUTO)

POSICIÓN DE CALA (GRADO) LATITUD (GRADO) LONGITUD (GRADO) TIEMPO (MINUTO) VELA (MINUTO) VELA (MINUTO)

**D. CARACTERÍSTICAS DEL CARDUMEN**

11. PROFUNDIDAD: \_\_\_\_\_ TIPO NF: \_\_\_\_\_ TIPO SUR: \_\_\_\_\_

12. TEMPERATURA (°C): \_\_\_\_\_ SUPERF: \_\_\_\_\_ PROF. CARD: \_\_\_\_\_

**E. CAPTURAS, PESOS Y MEDICIONES**

13. CAPTURA TOTAL ESTIMADA DEL LANCE (kg): \_\_\_\_\_

15. MEDICIONES: ANCHOVETA ☐ SARDINA ☐ JUREL ☐

PESO MUESTRA, MEDIDA: \_\_\_\_\_ (gramos)

CM.	NÚMERO	PESO	CM.	NÚMERO	PESO
3.0			12.0		
3.5			12.5		
4.0			13.0		
4.5			13.5		
5.0			14.0		
5.5			14.5		
6.0			15.0		
6.5			15.5		
7.0			16.0		
7.5			16.5		
8.0			17.0		
8.5			17.5		
9.0			18.0		
9.5			18.5		
10.0			19.0		
10.5			19.5		
11.0			20.0		
11.5			TOTAL		

**Figura 4.** Formularios de Bitácora de pesca utilizados entre los años 1996 y 2007 de Programa de Bitácoras de Pesca de IMARPE. Formato otorgado por la DGIRP - IMARPE

### 3.3. DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DEL MAR PERUANO

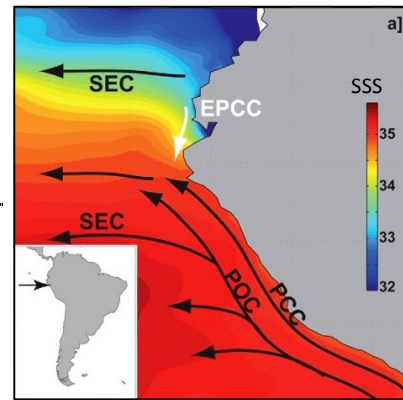
#### 3.3.1. Sistema de corrientes en el mar peruano

La circulación marina frente a la costa peruana está determinada por un complejo sistema de corrientes superficiales y subsuperficiales, que sustentan el afloramiento a lo largo de la costa, favorecidos por la intensificación de los vientos alisios del sur (Morón, 2000). Las primeras transportan aguas de la región Antártica y Subantártica, y las segundas aguas de origen Ecuatorial. A continuación, se describen brevemente las corrientes tomando las referencias de Zuta & Guillen (1970), Morón (2000 y 2011) y Flores *et al.* (2013) (Fig. 5):

**Corrientes Superficiales.** La circulación superficial hacia el ecuador está compuesta básicamente por la Corriente Costera Peruana (CCP - *PCC*) y la Corriente Oceánica Peruana (COP - *POC*). Entre otras se encuentra la Corriente Ecuatorial del Sur (CES - *SEC*) y Corriente costera Ecuador-Perú (CCEP - *EPCC*).

**CCP (PCC)** Fluye hacia el norte a lo largo de la costa, con una amplitud de 30 mn a más (sobre la plataforma). Se ubica en la capa de 0 - 100 m, con velocidad promedio de 4 a 15  $\text{cm.s}^{-1}$  disminuyendo hacia el norte y a mayor profundidad. Es más intensa cuando los vientos alisios se intensifican, llegando hasta los 4°S donde vira bruscamente al oeste.

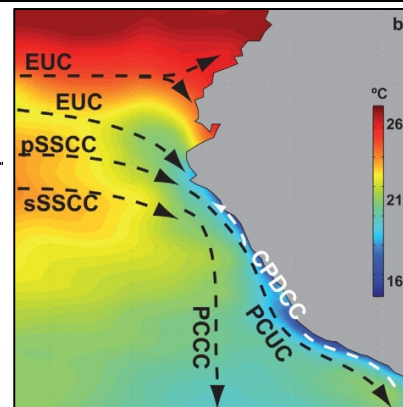
**COP (POC)** Fluye hacia el norte, al oeste de 82°W alcanzando 700 m de profundidad. En los 10°S gira hacia el oeste. Entre julio y octubre forma un solo flujo con la CCP. La COP alcanza mayor velocidad que la CCP.



**Corrientes Subsuperficiales.** La circulación subsuperficial hacia el Polo está principalmente compuesta por la Corriente Subsuperficial Perú-Chile (CSPC - *PCUC*) y Contracorriente Peruano-Chilena (CCPC - *PCCC*) o Corriente de Cromwell. Otras: Corriente Subsuperficial Ecuatorial (CSSE - *EUC*), Contracorriente Subsuperficial primaria (CCSSp - *pSSCC*), Contracorriente Subsuperficial secundaria (CCSSs - *sSSCC*) y Corriente costera profunda Chile-Perú (CCPPC - *CPDCC*).

**CSPC (PCUC)** Fluye hacia el sur, entre la CCP y COP, con velocidades ligeramente superiores a 20  $\text{cm.s}^{-1}$  frente a Punta Falsa y disminuyendo hacia el sur. Esta contracorriente transporta aguas de origen ecuatorial hacia el sur (aguas de alta salinidad y escaso contenido de oxígeno).

**CCPC (PCCC)** Conocida también como la Corriente de Cromwell. Fluye desde la zona oceánica extendiéndose hacia la zona costera entre los 5°S y 8°S para luego integrarse a la CSPC. Se ubica entre los 50 a 300 m de profundidad frente a Paita y Punta Falsa. Se caracteriza por presentar temperaturas de 15 a 13°C, salinidades de 34,9 a 35,1 ups y concentraciones relativamente oxigenadas.



**Figura 5.** Esquema (mapas) del sistema de corrientes del mar peruano, tomado de Chaigneau *et al.* (2013). En los mapas, las siglas de las corrientes se presentan en inglés y en el texto en español e inglés (cursiva)

### 3.3.2. Masas de agua en el mar peruano

Frente a la costa peruana se presentan diferentes tipos de masas de aguas, superficiales y subsuperficiales, cuya distribución y extensión espacial están sujetas a variaciones, con desplazamientos longitudinales (entre aguas costeras y oceánicas) y latitudinales (entre aguas de origen antártico y ecuatorial) que determinan la distribución de las especies marinas.

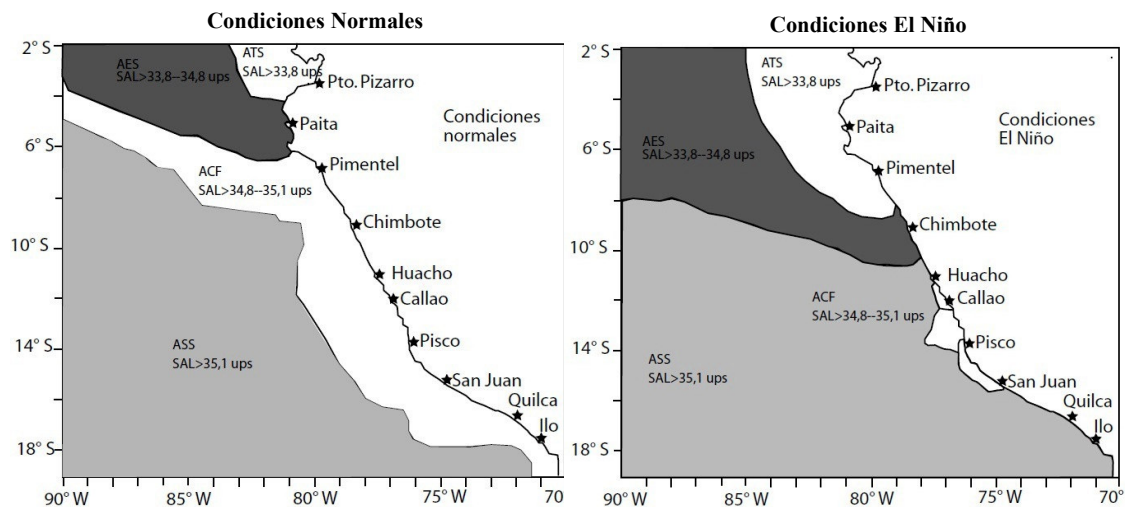
Las masas de aguas que se distribuyen en el mar peruano provienen de cuatro regiones climáticas del océano Pacífico (Zuta & Guillen, 1970): de la región ecuatorial, en el norte; región subtropical en el lado suroeste; región subantártica (borde norte) y región antártica, ambas en el lado sur. Estas masas de agua, al ser asociadas a diferentes orígenes, presentan características muy diferenciadas que puede traducirse en altas o bajas temperaturas, salinidad o concentración de oxígeno, condiciones que pueden ser favorables o no para el hábitat adecuado de los recursos (Morón & Sarmiento, 2001). En la tabla 1 se describen las propiedades de las masas de aguas en base a Morón (2000).

**Tabla 1.** Propiedades de las masas de agua en el mar peruano (Morón, 2000)

	Masas de Agua	T °C y S [ups]	Características Espacio-Temporales
Aguas Superficiales	Aguas Tropicales Superficiales (ATS)	> 25° < 33.8	En Perú, se presentan al norte de los 4°S en verano alcanza su máxima proyección al sur dentro de las 100 ó 120 mn, replegándose al norte en invierno. Profundidad de 0 a 20 m.
	Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES)	19° - 25° [34 - 34.8]	Se presentan al norte de los 6°S, con su máxima proyección al sur en verano. Prof. de 15 a 25 m.
	Agua Subtropicales Superficiales (ASS)	18° - 27° [35.1 - 35.7]	Se extienden en gran parte de la costa peruana, con fluctuaciones hacia la costa en las cuatro estaciones del año. Profundidad de 0 a 100 m.
	Aguas Costeras Frias (ACF)	14° - 18° [34.8 - 35.0]	Se presentan a lo largo de la franja costera hasta las 30 y 60 mn de la costa en verano e invierno respectivamente. Aguas ricas en nutrientes.
	Aguas de Mezcla (AM)	[35 - 35.1]	Formado por la convergencia de las ACF y ASS
Aguas Subsuperficiales	Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS)	13° - 15° [35.1 - 34.9]	Aguas provenientes del ramal sur de la bifurcación de la Cromwell. Aguas relativamente salinas y de alto contenido de oxígeno. Profundidad de 50 a 300m
	Aguas Ecuatoriales Profundas (AEP)	07° - 13° [34.9 - 34.6]	Esta masa de agua coincide con la capa de mínima de oxígeno. Profundidad de 150 a 700 m.
	Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA)	13° - 15° [34.8 - 34.6]	Proviene del borde norte de la región subantártica. Contribuyen al afloramiento de la parte sur. Prof. 100m
	Aguas Antárticas Intermedias (AAI)	04° - 07° [34.6 - 34.45]	Profundidad de 600 a 1000 m.

En la figura 6 se muestra la distribución y extensión de las masas de agua, durante condiciones normales y cálidas como en los eventos El Niño. Graco *et al.* (2007) mencionan que, durante El Niño, las aguas superficiales frente a Perú son alteradas por el flujo de aguas anormalmente cálidas y pobres en nutrientes que provienen del Ecuador, observándose el desplazamiento hacia el sur de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) y hacia la costa de las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

Bajo un escenario ambiental cálido, la fauna tropical y oceánica ven favorable su extensión hacia el sur y a la costa (Espino, 1999; Gutierrez *et al.*, 2011). Sin embargo, la anchoveta reflejaría una reducción significativa de su hábitat potencial, replegándose en las principales celdas de afloramiento como la de San Juan, Pisco. Gutierrez *et al.* (2011) concluyen que, de todos modos, los volúmenes nacionales de producción pesquera disminuirían de manera significativa debido a la reducción generalizada de la productividad del plancton.



**Figura 6.** Esquema de la distribución de masas de agua superficiales frente a las costas peruanas en condiciones normales y El Niño (según Morón & Sarmiento, 1999). Tomado de Graco *et al.* (2007).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Fuente de información

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizaron dos fuentes de información, ambas provenientes del Instituto del Mar del Perú (IMARPE):

- a. La principal proviene de los registros de pesca obtenidos por la plataforma observacional del Programa de Bitácoras de Pesca (PBP)<sup>2</sup>. Este programa está orientado a obtener información *in situ* mediante observadores a bordo, de todas las actividades desarrolladas durante los viajes de pesca que realiza la flota industrial de cerco peruana para la captura de peces pelágicos (Fig. 7A-C).



**Figura 7.** (A) Distribución de los observadores a bordo en el litoral peruano. (B) Actividades realizadas durante un viaje pesquero (Tomado del PBP) y (C) Registro espacial de las capturas del recurso jurel realizado por la flota industrial de cerco entre 1996 y 2007.

El PBP “clasifica” la información colectada en una base de datos para el recurso anchoveta y la otra para “otros pelágicos”, que comprende a los recursos sardina, jurel y/o caballa. En la bitácora de pesca, esta clasificación es asignada por el Tipo de Red (en bitácoras de 1996 a 2007) o Tipo de Viaje (en bitácoras de 2008 en adelante).

- b. La segunda información proviene de los Cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos, dirigidos a evaluar las principales especies comerciales del sistema pelágico en el mar peruano. Estas evaluaciones se realizan de uno a cuatro veces al año,

<sup>2</sup>Una descripción detallada sobre el Programa de Bitácoras de Pesca (PBP), se encuentra en el acápite 3.2 de Marco Teórico.



generando una amplia información de la componente biológica-pesquera y de las condiciones oceanográficas del mar peruano. En este caso, se utilizó la información oceanográfica (mapas de distribución de las masas de aguas) correspondiente a los meses de verano del periodo 1996 al 2007.

#### **4.2. Área y periodo de estudio**

**Área de estudio:** Comprendió toda el área que abarcó la flota de cerco dirigida a jurel, la cual se extendió desde el extremo norte al extremo sur del mar peruano y hacia el oeste hasta las 250 millas náuticas (mn) (Fig. 7C).

**Periodo de estudio:** Comprende la información de los registros obtenidos entre los años 1996 y 2007 de los viajes de pesca dirigidos a capturar jurel.

#### **Selección de datos**

De la base de datos “otros pelágicos”, se analizó un total de 5035 lances de pesca, entre lances positivos, negativos y nulos<sup>3</sup>. Estos lances correspondieron a 1179 viajes de pesca que realizó la flota de cerco entre 1996 y 2007 (Anexo 3). Entre 1996 y 2001, la flota dirigió su pesca principalmente a la sardina; registrándose en ellas capturas de jurel. A razón de ello, para ese periodo, se trabajó solo con aquellos viajes que tuvieron capturas de jurel. Para los años siguientes, se consideró todos los viajes, ya que parte de la flota orientó su pesca exclusivamente al recurso jurel.

#### **4.3. Caracterización espacio-temporal de las capturas del jurel**

Cabe indicar, que la unidad mínima de observación son los lances de pesca georreferenciados (positivos, negativos y nulos), a partir del cual se caracterizará la variación de las capturas del jurel. Para ello se realizaron:

- a. Mapas de distribución anual de los lances de pesca georreferenciado (positivos, negativos y nulos), utilizando el programa geográfico Surfer versión 2013.
- b. Análisis de la variación porcentual anual de los tipos de lances (positivos, negativos y nulos), expresados en gráficos de frecuencia relativa.
- c. Frecuencia de lance por rangos de captura de jurel y por estratos de capacidad de bodega.

---

<sup>3</sup>Lances positivos refiere a aquellos lances con capturas de jurel, lances negativos a lances con capturas de otra especie y lances nulos a lances sin captura de jurel ni de otra especie.

- d. Análisis de la variación de las capturas del jurel entre lances o puntos de pesca cercanos entre sí, efectuadas en un mismo día. Para ello se calculó la captura promedio y desviación estándar (DS) de todas las capturas (t) de un mismo día contenidos en cuadrantes de 0.5° de latitud x 0.5° de longitud. Los resultados son expresados en gráficos de tendencia central (promedios) y dispersión (DS).
- e. Análisis de la variación de los volúmenes de captura del jurel por viaje y lance de pesca a escala anual y mensual, expresados en gráficos de diagramas de caja.
- f. Análisis de la variación anual del esfuerzo de pesca en tiempo de búsqueda y número de lances por viaje de pesca, expresados en gráficos de diagramas de caja.
- g. Con el objetivo de identificar cuáles fueron las principales zonas de pesca y abundancia relativa del recurso jurel, se elaboraron mapas temáticos anuales representando la captura total y CPUE (captura por unidad de esfuerzo) por cuadrantes de 0.5 de latitud y 0.5 de longitud, siendo calculada la CPUE como:

$$CPUE \text{ x cuadrante} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{(1)} + C_{(2)} + \dots C_{(n)}}{n}$$

Donde  $C_n$  es el volumen de captura (t) en el lance enésimo y  $n$  es el número total de lance (referidos a lances positivos y negativos).

Los mapas de capturas son representados en rangos de captura total de: 1-50, 51-100, 101-200, 201-300 y > a 301 toneladas por cuadrante; y los mapas de CPUE en rangos de: 01-50, 51-100 y > a 101 t x lance-1 por cuadrante.

#### 4.4. Identificación de cambios espaciales en la distribución de las capturas del jurel

Con el objetivo de identificar cambios espaciales en las capturas del jurel se aplicó dos índices espaciales, el centro de gravedad (CG) e inercia espacial (IE).

**El Centro de Gravedad (CG)** estima la ubicación media o el centro geográfico de una distribución de puntos en función al peso de cada dato (Wuillez *et al.*, 2009). En este caso, se calculó para cada año el CG latitudinal ( $CG_{Lat}$ ) y CG longitudinal o distancia a la costa ( $CG_{DC}$ ) de las posiciones geográficas de los lances de pesca obtenidas por cada viaje de pesca, expresados mediante los siguientes cálculos:

$$(a). CG_{Lat} = \frac{\sum_{i=1}^n Lat_{(i)} * Capt_{(i)}}{\sum_{i=1}^n Capt_{(i)}}$$

$$(b). CG_{DC} = \frac{\sum_{i=1}^n DC_{(i)} * Capt_{(i)}}{\sum_{i=1}^n Capt_{(i)}}$$

Donde:  $Lat_i$  = latitud del lance de pesca i;  $DC(i)$  = distancia a la costa del lance de pesca i y  $Capt(i)$  = captura en el lance de pesca i.

Después de calcular el  $CG_{Lat}$  y  $CG_{DC}$  por viaje de pesca se analizó la variación anual de los mismos por un análisis de tendencia central, representados en gráficos de diagramas de cajas y estadísticamente contrastados por la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

**La Inercia Espacial ( $Ie$ )** mide la dispersión de la población (en este caso de la posición de los lances de pesca), alrededor de su centro de gravedad (Woillez *et al.*, 2009). Al igual que el CG, la  $Ie$  fue estimada por viaje de pesca mediante la siguiente ecuación:

$$Ie = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (Lat_i - CG_{Lat(i)})^2 + (Lon_i - CG_{Lon(i)})^2$$

Donde:  $N$  = número de lances por viaje,  $Lat_i$  y  $Lon_i$  = latitud y longitud del lance i del viaje i,  $CG_{Lat(i)}$  y  $CG_{Lon(i)}$  es el centro de gravedad latitudinal y longitudinal de los lances del viaje i. La unidad de medida de la  $Ie$  obtenida en la ecuación es grados sexagesimales, que en la presente tesis es convertida a unidades de millas náuticas (mn).

La variación anual de la  $Ie$  obtenida por viaje fue analizada mediante un análisis de tendencia central, gráficamente representado por diagramas de cajas. Asimismo, se graficó la variación anual de este índice espacial y esfuerzo de pesca (tiempo de búsqueda del recurso por viaje y número de lances por viaje) y la CPUE.

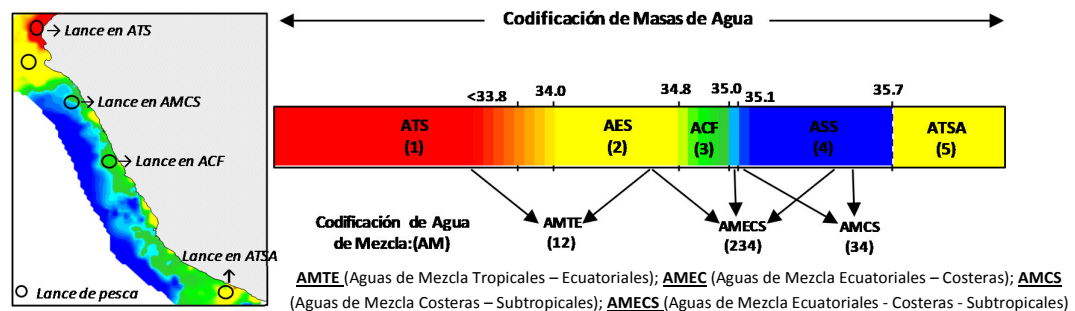
#### 4.5. Análisis de la interacción masas de agua - capturas del jurel

Con el fin de explorar la disponibilidad del jurel por tipo de masa de agua, se observó la presencia-ausencia del jurel en ellas, y a qué profundidad (m) fueron detectados dichos cardúmenes. La presencia refiere a lances positivos o con capturas de jurel y ausencia a lances negativos o captura de otra especie. Para ello, se elaboraron mapas, superponiendo los lances positivos y negativos sobre los mapas de distribución de masas de aguas obtenidos a partir de cruceros de evaluación, cuya ejecución coincidió con el muestreo del PBP correspondiente a los meses de verano.

Asimismo, con el objeto de determinar si las capturas del jurel se asociaron a un tipo de masas de agua se realizaron los siguientes análisis:

- Un análisis porcentual de la presencia-ausencia del jurel por tipo de masa de agua por año. La presencia refiere al % de lances positivos y ausencia al % de lances negativos. Asimismo, los lances nulos fueron incluidos en este análisis de proporción.
- Un análisis de tendencia central de la CPUE por masa de agua para cada verano. Finalmente, de manera integral y por escenarios se realizó un análisis de comparación de medias de la CPUE por masas de agua, mediante la prueba estadística de Kruskal Wallis.

A partir de los mapas obtenidos, cada lance de pesca fue asignado a un tipo de masa de agua, definidas visualmente por la escala de colores. Ejemplo, si un lance se ubicó en el color rojo, éste correspondió a masas de Aguas Tropicales Superficiales (ATS), y si estuvo en la convergencia de dos o más masas de aguas a Aguas de Mezcla (Fig. 8). Esta asignación fue en base a los criterios de distribución y características de las masas de aguas descritas por Zuta & Guillén (1970), Morón (2000) y Morón (2011).



**Figura 8.** Representación de la escala de colores utilizado en los mapas de distribución de las masas de agua del mar peruano. A partir de ello se tipificó cada lance de pesca

## 5. RESULTADOS

---

El mapeo anual del total de lances de pesca de la flota de cerco (entre positivos o con capturas de jurel, negativos o con capturas de otra especie y nulos o sin captura), registrados por el PBP entre 1996 y 2007 (Fig. 9) mostró claramente cambios en la distribución espacial de las capturas del jurel, destacando el cambio latitudinal de las zonas de pesca de norte a sur; y la mayor concentración de capturas hacia la costa en años cálidos y expansión de las mismas en años fríos.

En virtud de los resultados de la distribución latitudinal de las capturas se plantearon dos escenarios espaciales (Fig. 9). El primero (E1), entre 1996 y 2001, concentró la pesca en la región Norte - Centro ( $03^{\circ}\text{S} - 14^{\circ}\text{S}$ ). El segundo (E2), entre 2002 y 2007, en la región Centro - Sur ( $11^{\circ}\text{S} - 18^{\circ}\text{S}$ ), excepto en el año 2006, ya que parte de la flota alcanzó los  $6^{\circ}\text{S}$ .

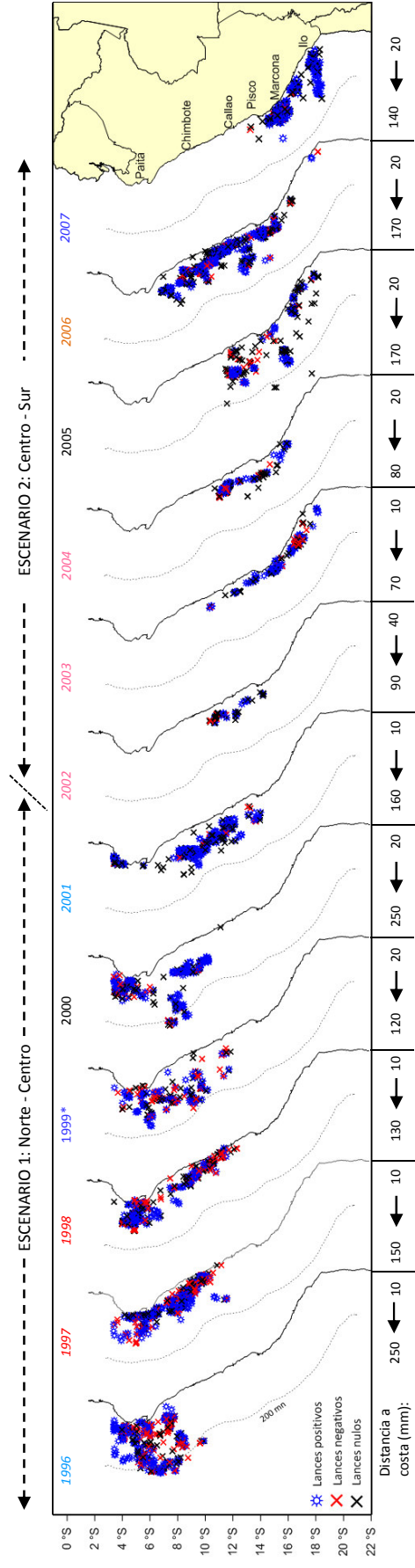
Antes de detallar en la caracterización espacio temporal de las capturas del jurel, se presentan los resultados de algunos aspectos del desenvolvimiento de la flota de cerco para el periodo estudiado.

### 5.1. Variación anual de los tipos de lance de pesca

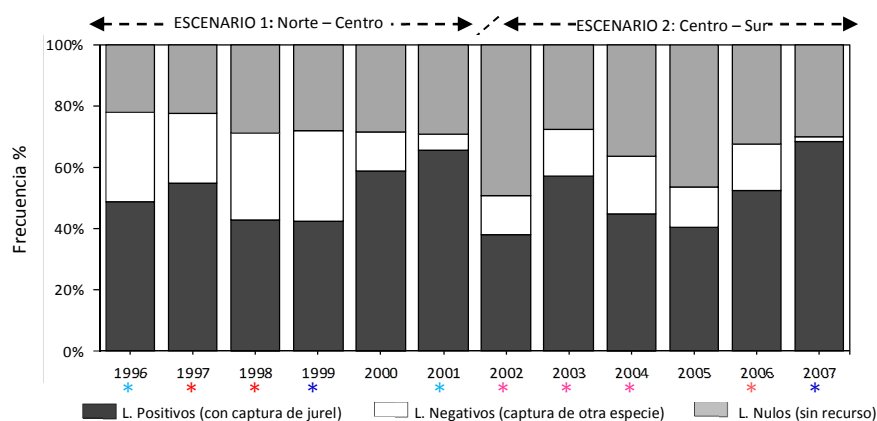
En términos porcentuales, la frecuencia de lances positivos o con capturas de jurel no mostró importantes cambios entre años, representado entre 42 y 68%. Los lances negativos o con capturas de otras especies disminuyeron su frecuencia a partir del año 2001, variando de 23 a 30% entre 1996 y 2000 y de 2 a 18% entre 2001 y 2006. Los nulos o sin capturas incrementaron su frecuencia desde el 2002, variando de 22 a 29% entre 1996 y 2001 y de 28 a 49% entre 2002 y 2006 (Fig. 10).

Estos resultados permitirían diferenciar las capturas del jurel en dos grupos. Uno antes del 2002 como Capturas Incidentales, reflejado en una proporción importante de lances negativos o capturas de otra especie; y otro desde del 2002 como Capturas Dirigidas, ya que parte de la flota de cerco comenzó a dirigir su pesca exclusivamente al recurso jurel.

Al margen de ésta diferenciación, la proporción de lances positivos o con capturas de jurel ha sido casi constante entre años, lo cual conllevaría a un menor sesgo de representación muestral, al comparar la variación de los mismos para el periodo de estudio.



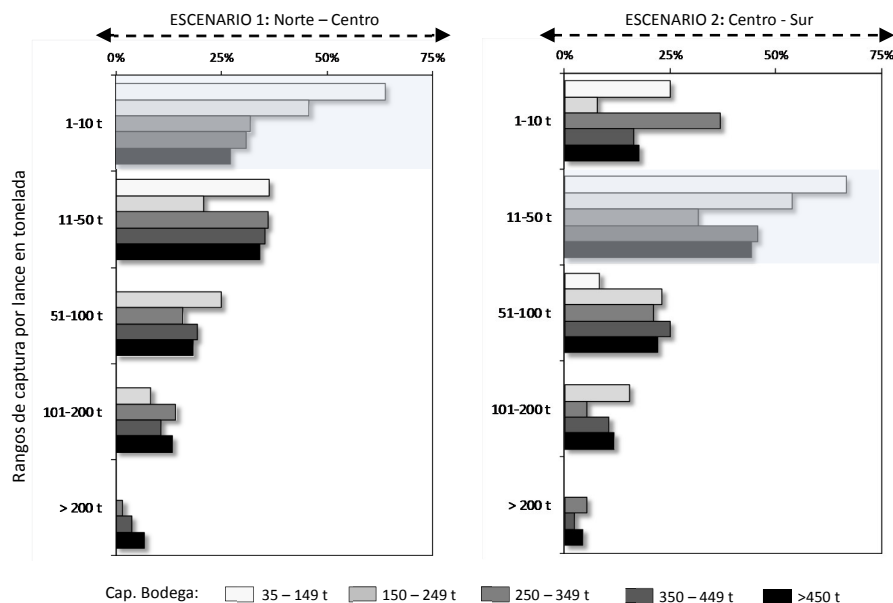
**Figura 9.** Distribución de los lances de pesca de la flota de cerco en el mar peruano, registrados por el PBP entre 1996 y 2007. Los lances positivos refieren a capturas de jurel, los negativos a capturas de otra especie y nulos sin captura de ninguna especie. Los años en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.



**Figura 10.** Variación anual de la frecuencia de tipos de lances de pesca obtenidos a partir de los registros del PBP que realizó a la flota de cerco entre 1996 y 2007. Los \* en matices rojo indica años de eventos “El Niño” y en azul eventos “La Niña”.

## 5.2. Capturas de jurel por lances y capacidad de bodega

Independientemente del tamaño de las embarcaciones, expresado como capacidad de bodega (t), las capturas por lance oscilaron principalmente entre 1 y 200 t; mayores a este rango fueron poco frecuentes. Entre escenarios de pesca, en la región Norte – Centro (E1) predominaron lances con capturas de 1 a 10 t; mientras que en la región Centro – Sur (E2) lances con capturas de 11 a 50 t (Fig. 11).



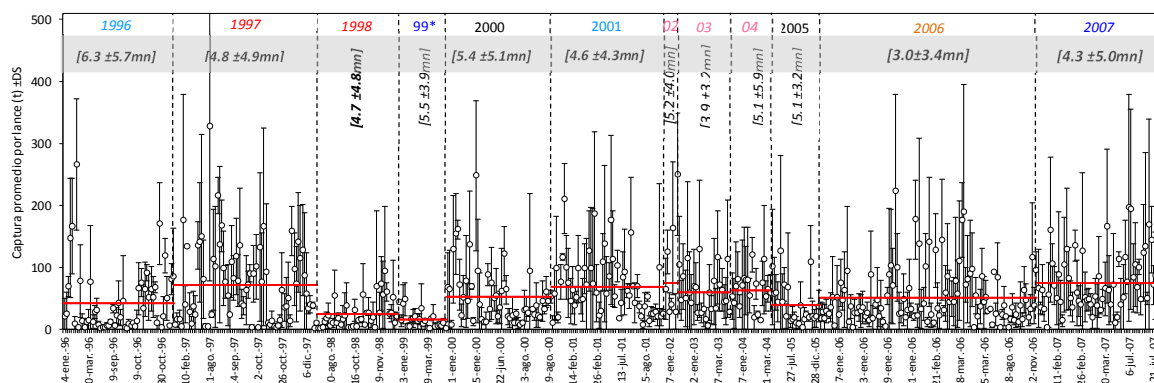
**Figura 11.** Frecuencia de lance por rangos de captura de jurel y por estratos de capacidad de bodega, obtenidas a partir de los lances de pesca de la flota de cerco registrado por el PBP entre 1996 y 2007.

### 5.3. Caracterización espacio-temporal de las capturas del jurel

#### 5.3.1. Variación de las capturas del jurel entre puntos de pesca cercanos por día

Se observó una alta variabilidad espacial en los volúmenes de captura entre lances o puntos de pesca cercanos entre sí, efectuados en un mismo día por una o más embarcaciones. La distancia promedio mínima entre puntos de pesca fue de  $3.2 \pm 3.2$  mn (año 2005) y la máxima de  $6.3 \pm 5.9$  mn (año 1996). A esta escala espacio temporal, las capturas por lance se caracterizaron con volúmenes bajos (10 t) y altos (450 t) a la vez, reflejados en la dispersión de la desviación estándar respecto a los promedios (Fig. 12). Ejemplo de ello, la embarcación pesquera (E/P) de código 1426 (Cap. Bodega 437 t), el 27-04-1996 capturó 180 t, 40 t y 10 t a menos de 0.3 mn de distancia entre lances. Otro caso, tres E/P que operaron a una distancia promedio de  $5.2 \pm 3.8$  mn, obtuvieron capturas entre 10 y 340 t.

Las distancias promedio anuales y desviaciones fueron mayores en años de condiciones fríos y menores en años cálidos.



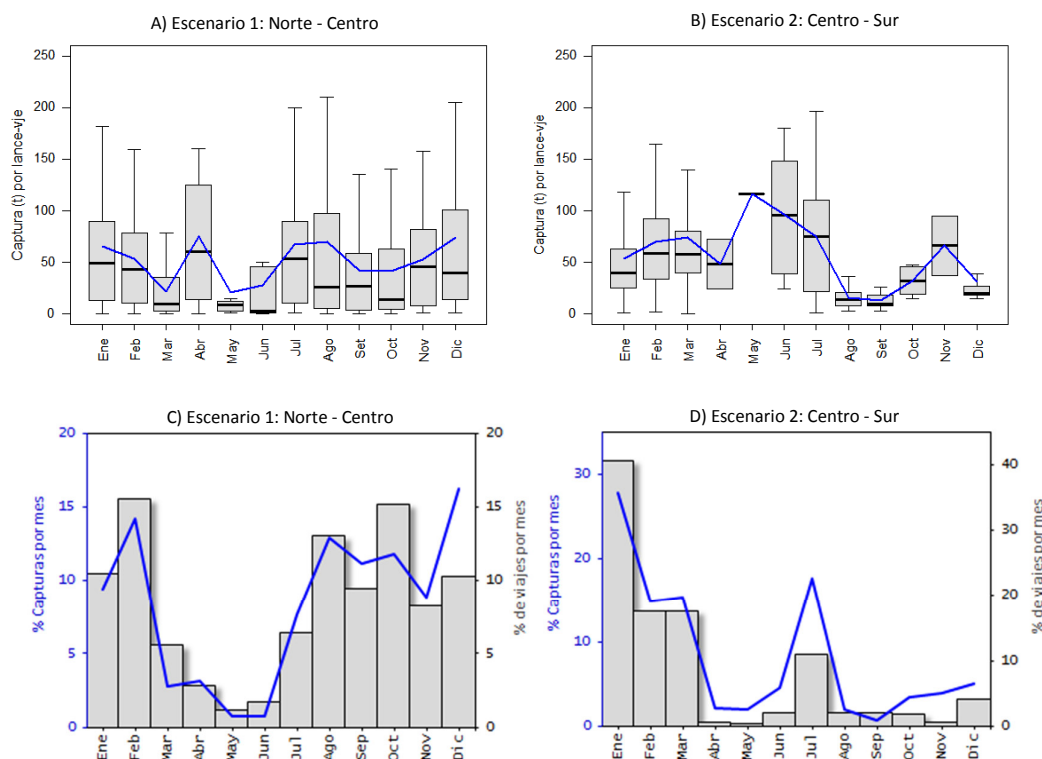
**Figura 12.** Captura promedio (t) del jurel entre puntos de pesca cercanos efectuados en un mismo día por la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En el recuadro sombreado se presenta la distancia promedio anual entre puntos de pesca cercanos y las líneas rojas representan el promedio anual de las capturas. Los años en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul eventos “La Niña”.

#### 5.3.2. Variación mensual de las capturas del jurel por lance

No se observó un patrón claro de estacionalidad en las capturas por lance-vje. En el escenario 1, los promedios más bajos se obtuvieron en marzo y mayo, siendo menores a 21 t por lance-vje. Exceptuando los meses anteriores, los promedios fueron casi constantes, variando entre de 53 y 74 t por lance-vje (Fig. 13A). En el escenario 2, los menores promedios se dieron entre agosto y diciembre (excepto noviembre), con valores de 12 a 45 t por lance-vje. En el resto de meses, los promedios fueron mayores, variando entre de 50 y 98 t por lance-vje (Fig. 13B)



Sin embargo, la proporción de capturas por mes mostró una mayor proporción de ellas en los meses de verano y primavera. En el escenario 1, esto fue mayor entre enero y febrero y entre agosto y diciembre (Fig. 13C); y en el escenario 2 entre enero y marzo (Fig. 13D). Esta tendencia guardó relación con la proporción del número de viajes de pesca que efectuó la flota de cerco, lo que significa que hubo mayor actividad de pesca en dichos meses.



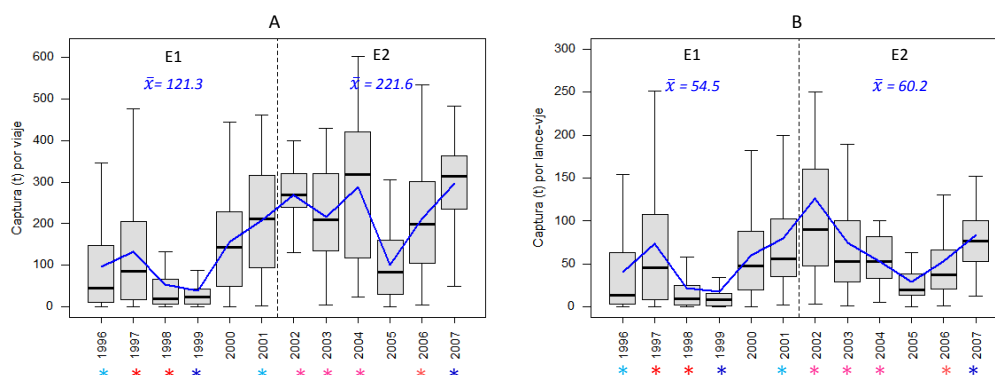
**Figura 13.** Variación mensual de las capturas por lance – vje (A - B) y variación mensual en la proporción de las capturas (C - D) obtenidas por la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007.

### 5.3.3. Variación anual de las capturas del jurel por viaje y lance

Las capturas del jurel por viaje variaron entre 1 y 600 t, con medianas anuales de 22.4 t (1999) a 318.5 t (2004) por viaje y con tendencia creciente hacia el escenario 2, aunque con marcados descensos en los años 1998, 1999 y 2005 (Fig. 14A). La captura por viaje promedio por escenario fue de 121.3 t (escenario 1) y 221.6 t (escenario 2).

Las capturas por lance-vje variaron de 0.20 a 400 t, con medianas anuales de 8.7 t (1999) a 90.0 t (2002) por lance, observándose periodos interrumpidos de incrementos y descensos, tanto en el escenario 1 y 2 (Fig. 14B). Al igual que las capturas por viaje, hubo un

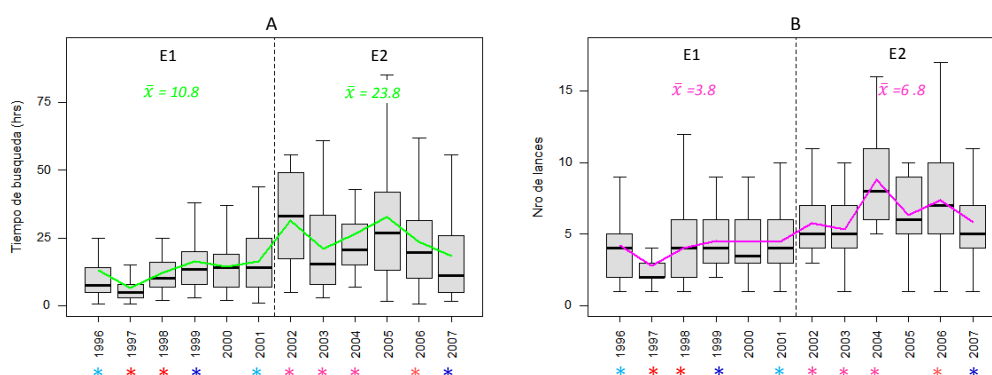
incremento en los promedios de las capturas por lance hacia el escenario 2, pasando de 54.5 a 60.2 t por lance-vje.



**Figura 14.** Variación anual de capturas del jurel por viaje (A) y capturas del jurel por lance-viaje (B) de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En cada escenario de pesca (E1 y E2) se presenta el valor promedio ( $\bar{x}$ ). Los \* en matices rojos indican eventos El Niño y en azules La Niña.

### 5.3.4. Variación anual del esfuerzo pesquero

El tiempo de búsqueda del recurso por viaje y número de lances por viaje mostraron incrementos casi interrumpidos hacia el escenario 2 (Fig 15). El primero varió con medianas anuales de 5.0 (1997) a 33.0 (2002) horas, con mayor tiempo de búsqueda entre los los años 2002 (82 h) y 2005 (112 h). El segundo varió entre 3 (1997) y 8 (2004 y 2005) lances, efectuándose mayor número de lances por viaje, entre los años 2004 y 2007.



**Figura 15.** Variación anual de esfuerzo de pesca, tiempo de búsqueda (A) y número de lances (B) por viajes de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En cada escenario de pesca (E1 y E2) se presenta el valor promedio ( $\bar{x}$ ). Los \* en matices rojos indican eventos El Niño y en azules La Niña.

### 5.3.5. Espacialización anual de las capturas del jurel y esfuerzo pesquero

La representación espacial anual de las capturas de jurel y esfuerzo pesquero por áreas o cuadrantes de 0. 5° de latitud x 0. 5° de longitud son descritos a partir de los mapas de las figuras 16.1 a 16.4. Mapas del lado izquierdo presentan la captura total, expresado en rangos de: 1-50, 51-100, 101-200, 201-300 y > a 301 t; y mapas del lado derecho la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), con rangos de: 01-50, 51-100 y > a 101 t por lance.

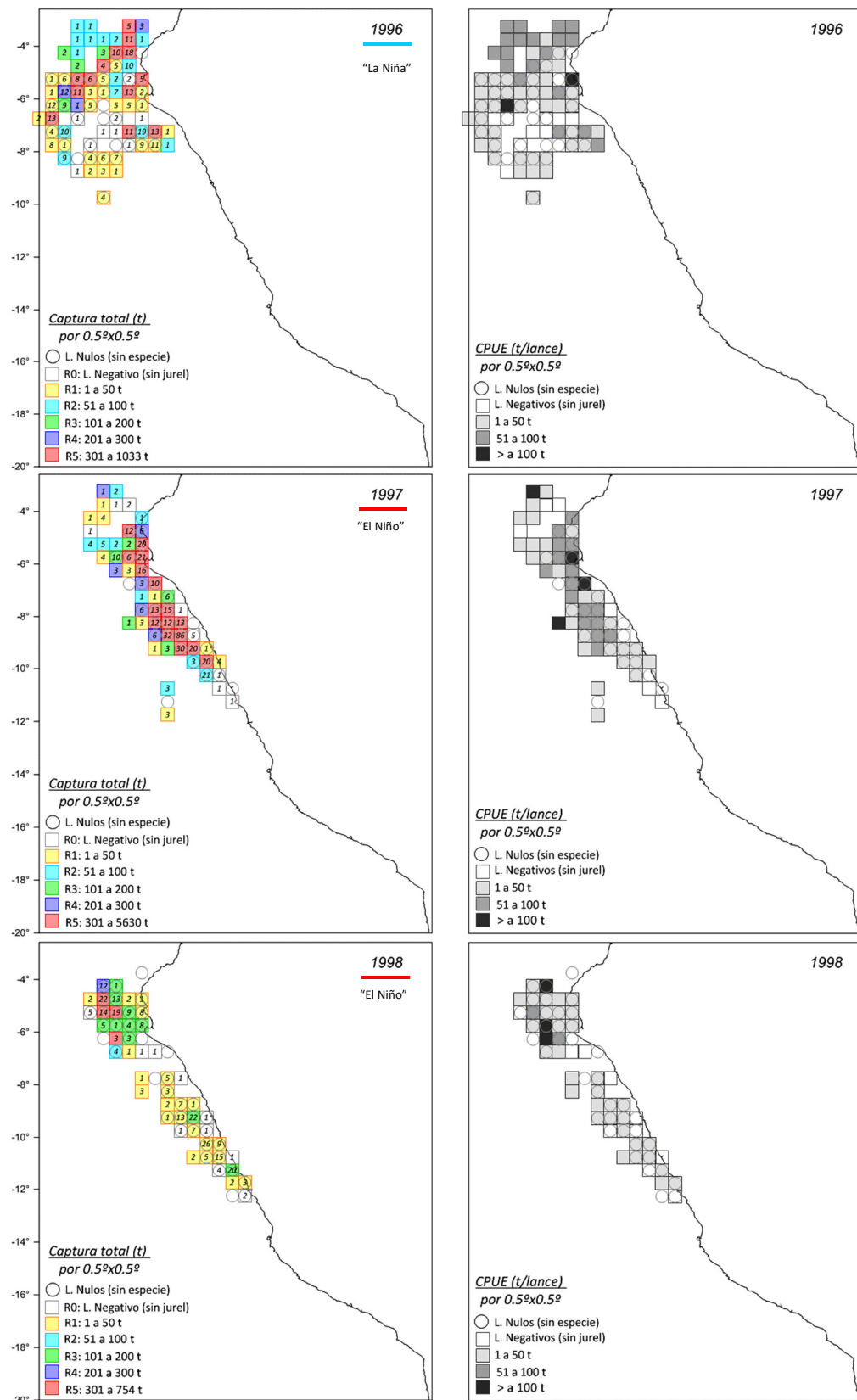
En ambos escenarios de pesca se observaron comportamientos espaciales diferentes para ambas variables, tal como se detallan a continuación:

**En el escenario 1 (1996 - 2001)**, cuando la flota de cerco operó en la región Norte - Centro (Fig. 16.1 a 16.2), el número de lances por cuadrante varió de 1 a 89. En los años 1996, 1998, 1999 y 2000 cuadrantes con 1 lance representaron entre el 33% y 36% y cuadrantes con 10 o más lances menos del 6%. En los años 1997 y 2001, la proporción de cuadrantes con 10 a más lances representó entre 19% y 31% y con un lance menos de 24%. Los lances nulos variaron de 1 a 20 por cuadrante, siendo más frecuentes de 1 a 6 lances por cuadrante.

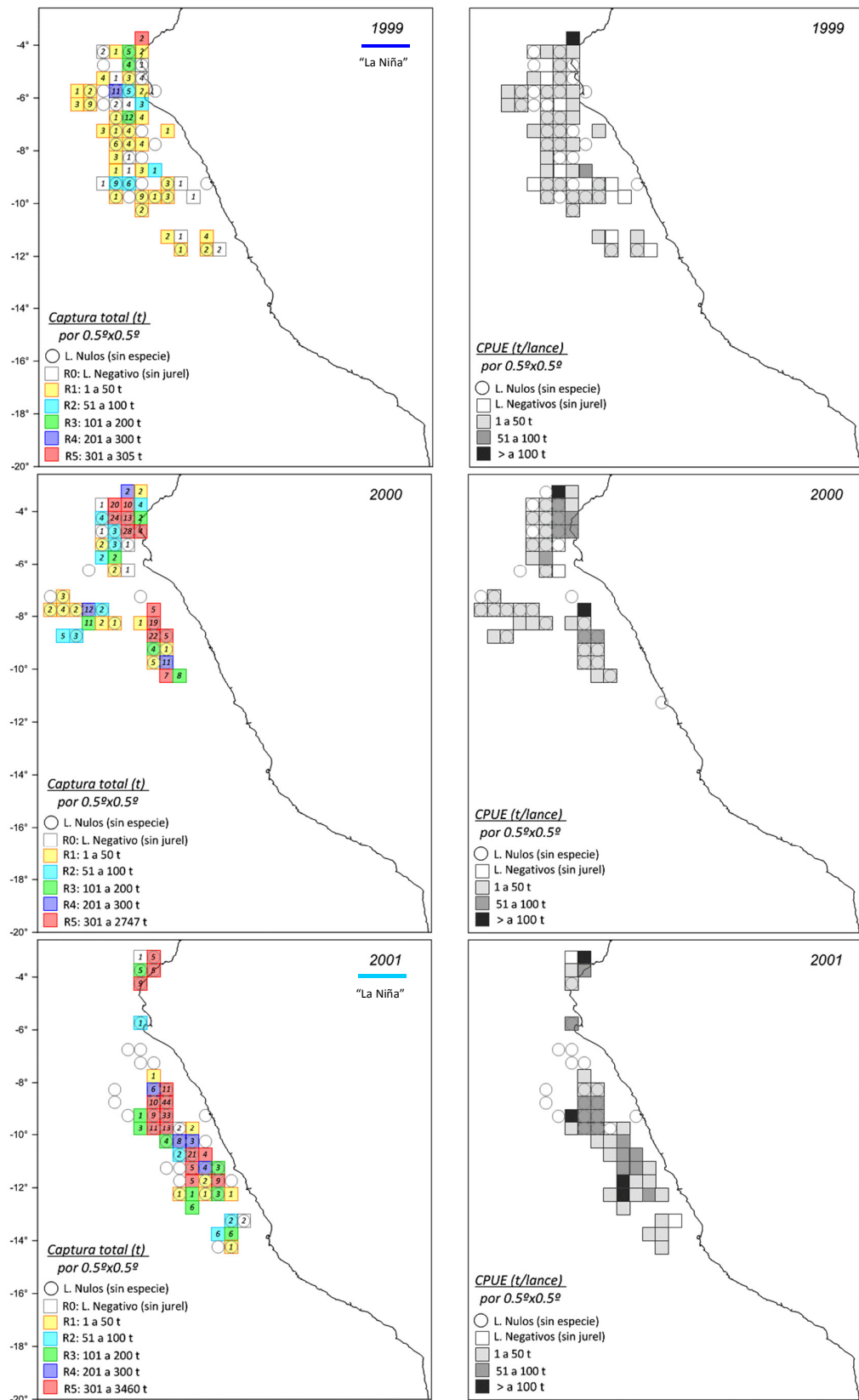
Según el mapeo de las capturas totales y CPUE por cuadrante, los valores más bajos se observaron en 1998 y 1999, predominando en ambos años cuadrantes con rangos de captura total de 1 a 50 t y CPUE menores a 30 t por lance en casi toda el área que abarcó la flota. Las pocas zonas con altas capturas de jurel no reflejaron valores importantes en términos de CPUE.

En 1997 y 2001 se obtuvieron los valores más altos de capturas totales por cuadrante, de 301 a 5630 t, y de 343 a 3460 t, que representaron 29% y 35% del total de cuadrantes, respectivamente. Estas zonas que se ubicaron entre los 5° y 10°S (1997) y 8° y 12°S (2001), mostraron en su mayoría valores de CPUE de rangos medios, de 51 a 100 t por lance. Asimismo, en ambos años destacaron cuadrantes con capturas totales de 1 a 50 t, que representaron 38% en 1997 y 61% en 2001.

En los años 1996 y 2000, hacia el norte de los 5°S las capturas totales por cuadrante fueron mayores, variando de 301 a 1033 t, y de 327 a 2747 t, respectivamente; sin embargo, en términos de CPUE éstas se caracterizaron con rangos de 1 a 50 y de 50 a 100 t por lance.



**Figura 16.1.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de 0.5° x 0.5°. En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.



**Figura 16.2.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de 0.5° x 0.5°. En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.

**En el escenario 2 (2002 - 2007)**, cuando la flota de cerco se desplazó hacia la región Centro Sur (Fig. 16.3 a 16.4), se observó un mayor esfuerzo de pesca y zonas con capturas por cuadrantes superiores a lo mostrado en el escenario 1, pero en términos de CPUE fueron menores. Se marcaron diferencias importantes respecto al esfuerzo aplicado por cuadrante, siendo éstos más focalizados en los años 2006 y 2007.

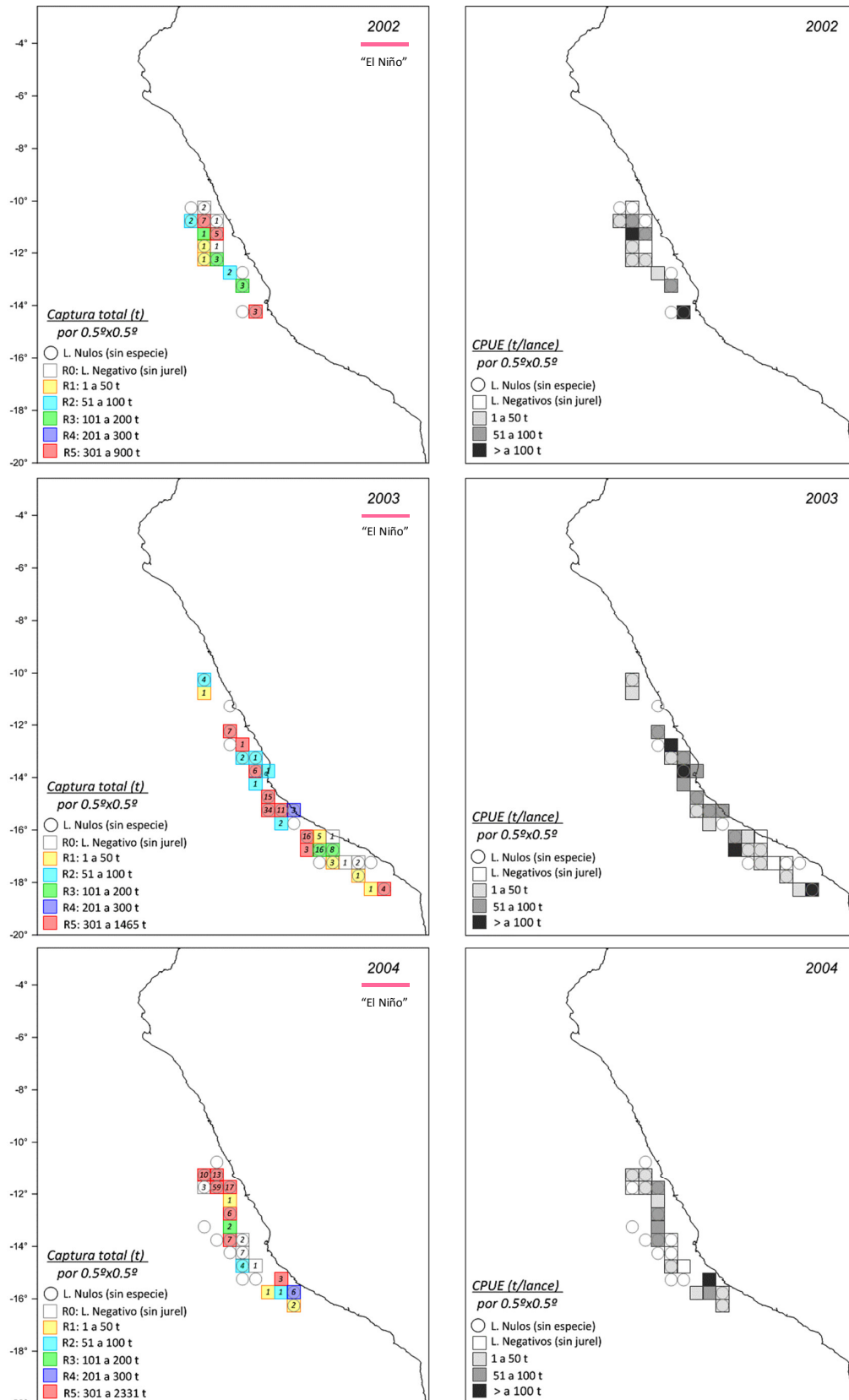
El número de lances por cuadrante varió de 1 a 141, registrándose entre 2002 y 2005 de 1 a 60, y entre 2006 y 2007 de 1 a 141 lances. En el primer caso (2002 - 2005), cuadrantes con 1 lance representaron el 15 a 34% y con 10 a más el 15 a 22%. En el segundo caso (2006 - 2007), cuadrantes con 1 lance significaron el 29% (2006) y 17% (2007), y con 10 a más lances el 27% (2006) y 34% (2007), destacando el máximo de lances (141) en el 2006. El número de lances nulos varió de 1 a 56, representando un mayor porcentaje de 1 a 5 lances por cuadrante.

En términos de capturas y CPUE por cuadrante, los valores más bajos se observaron en el 2002 y 2005. En el 2005, las capturas fueron bastante dispersas, con valores totales de 1 a 50 t y CPUEs menores a 50 t por lance, excepto en dos cuadrantes, donde a pesar del mínimo esfuerzo aplicado la CPUE fue mayor a 100 t por lance.

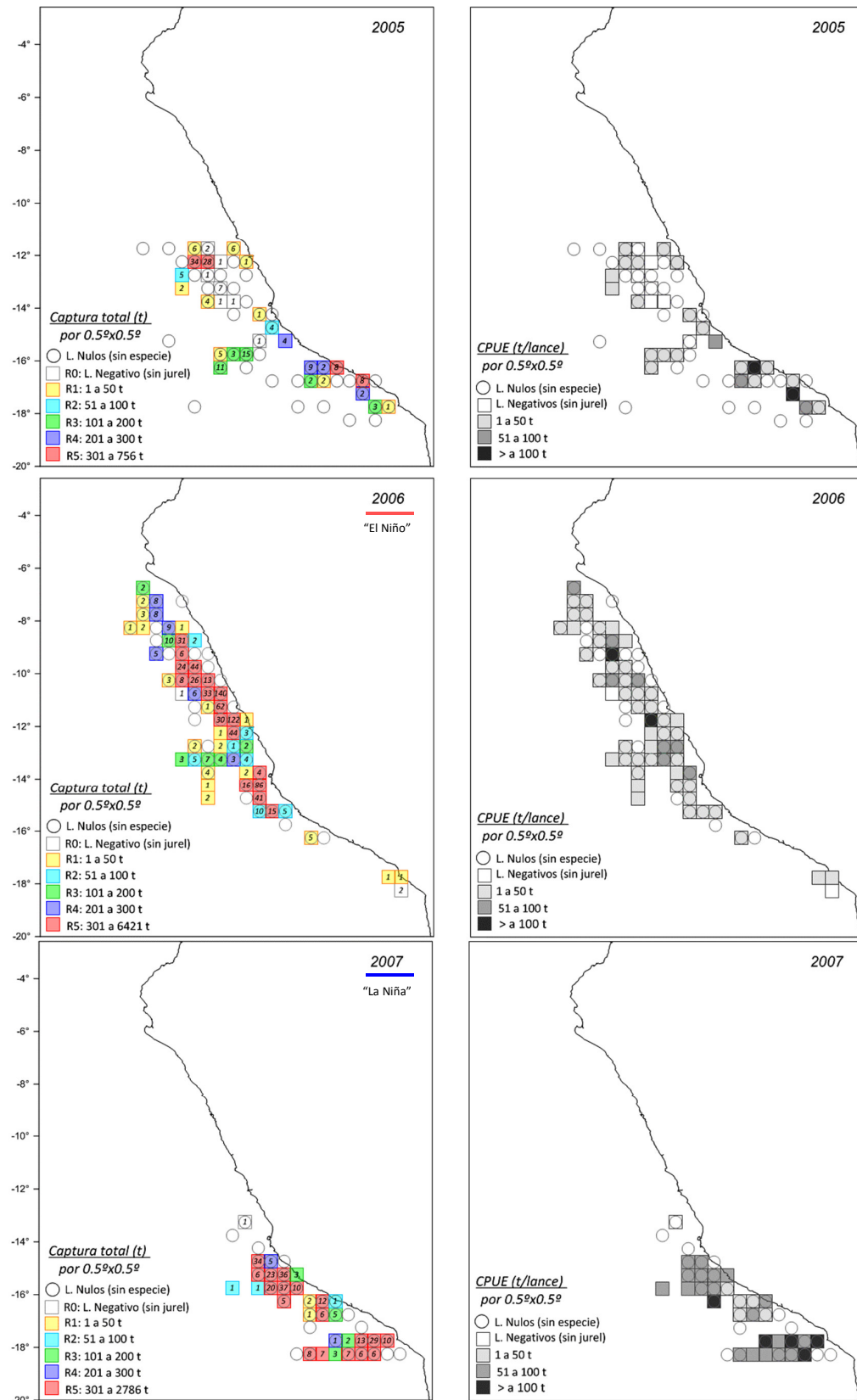
En el 2003 y 2004 se observaron cuadrantes con altas capturas en diferentes latitudes que abarcó la flota, con capturas totales respectivas de 301 a 1465 t y de 314 a 2332. En el 2003, algunas zonas de pesca mostraron niveles de CPUE mayores a 100 t por lance a pesar del bajo número de lances. En el 2004, casi toda el área de pesca presentó rangos de CPUE de 1 a 50 y de 50 a 100 t por lance a pesar del alto número de lances.

En el 2006 se halló la máxima captura por cuadrante (6442 t) para el periodo de estudio. Si bien se observaron dos zonas de concentración de altas capturas por cuadrante, de 301 a 6442 t, que en conjunto representaron el 30% del total de cuadrantes, las abundancias en ellas fueron bajas, con valores de CPUE de 1 a 50 t por lance.

En el 2007 se destaca un 62% de cuadrantes con capturas totales de 380 a 2786 t, ubicados entre los 14.5 y 18.5°S. En ellos se observó un menor número de lances que en el 2006, pero que en términos de CPUE fueron mayores, principalmente variando entre 51 a 100 t por lance y con algunos puntos superiores a 100 t por lance.



**Figura 16.3.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ . En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.



**Figura 16.4.** Captura total (t) y CPUE del jurel por cuadrante de 0.5° x 0.5°. En cada cuadrante se indica el número total de lances (positivos + negativos). El R5 muestra el valor máximo de captura acumulada por cuadrante.



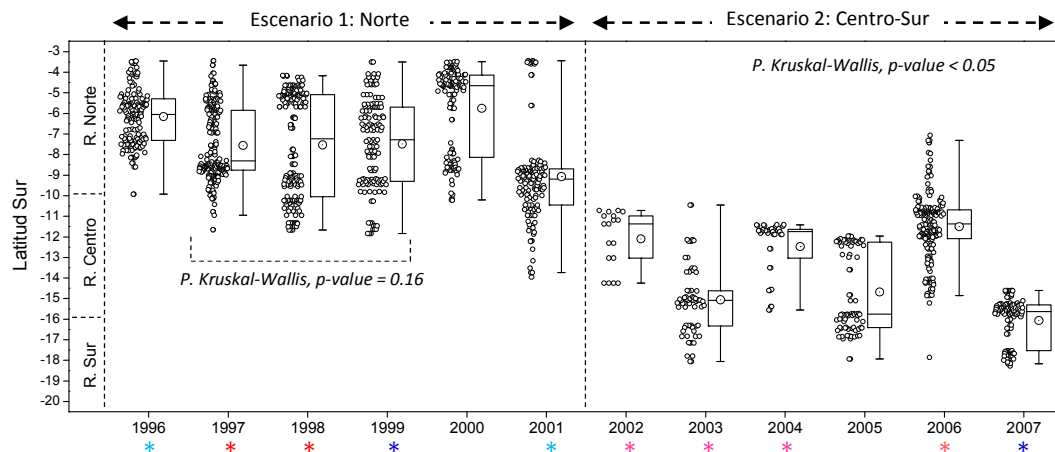
## 5.4. Identificación de cambios espaciales en la distribución de las capturas del jurel

### 5.4.1. Variación anual de los centros de gravedad latitudinal ( $CG_{Lat}$ )

Mediante el análisis de tendencia central de los centros de gravedad latitudinal ( $CG_{Lat}$ ) se determinó la variación espacial anual de las capturas del jurel por escenario de pesca identificado.

En el escenario 1, los  $CG_{Lat}$  de las capturas del jurel se ubicaron entre los 3.4° y 13.9° S, con medianas entre los 4.9° y 9.5 °S (Fig. 17 y Tabla 2). Las medianas de los  $CG_{Lat}$  mostraron diferencias espaciales significativas entre años (P. Kruskal Wallis,  $p < 0.05$ ), definidas principalmente por los años 1996, 2000 y 2001; ya que entre 1997 y 1999 las diferencias espaciales no fueron significativas (P. Kruskal Wallis,  $p = 0.16$ ). Es de observar que la distribución de los  $CG_{Lat}$  en los años 1996, 1997 y 1999 fue más uniforme a lo largo de todo el alcance latitudinal que tuvo la flota, a diferencia de otros años que se concentraron hacia el norte de los 5°S (1998 y 2000) y al sur de los 8°S (2001).

Cabe observar que en el 2001<sup>4</sup> - 2002, coincidentemente con la ocurrencia del evento El Niño 2001-2002, los  $CG_{Lat}$  de las capturas mostraron el desplazamiento de la flota hacia la zona centro, dejando prácticamente de operar en la zona norte del mar peruano.



**Figura 17.** Variación anual de los centros de gravedad latitudinal de las capturas del jurel de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. Los puntos al lado izquierdo de cada diagrama de cajas indican la dispersión de los CG. Los \* en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.

<sup>4</sup> Si bien el ENFEN indica que el año 2001, para los meses de setiembre a diciembre, correspondió a condiciones La Niña (débil), en los meses de verano del 2001 hacia el norte las anomalías de TSM fueron positivas de + 1.8 a 2.3 °C. El ENFEN no cataloga al año 1999 como periodo frío, sin embargo, algunos autores consideran este año como un año La Niña (Bouchon & Peña, 2008).

**Tabla 2.** Resultados de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis comparando los  $CG_{Lat}$  por años de las capturas del jurel, obtenidas por el PBP durante 1996 - 2001

Escenario	Año	N	Mediana	Test Kruskal-Wallis
Escenario 1	1996	98	-5.87 °S	$n.s$ $p = 0.16, p < 0.05$ Chi-Square = 5.2
	1997	125	-8.01 °S	
	1998	82	-7.34 °S	
	1999	53	-7.28 °S	
	2000	70	-7.92 °S	
	2001	83	-9.54 °S	

*n.s:* indica estaticamente no diferente ( $p > 0.05$ ), lo cual se obtuvo al comparar los años 1997 al 2000

En el Escenario 2, los  $CG_{Lat}$  de las capturas del jurel se localizaron entre los 7.1° y 18.3°S, concentrándose en diferentes zonas frente a la región Centro Sur, con medianas entre los 11.4° y 15.8°. En este escenario, las medianas de los  $CG_{Lat}$  marcaron diferencias estadísticas entre años (P. Kruskal Wallis,  $p < 0.05$ ) (Fig.17 y Tabla 3). Si bien las medianas de los  $CG_{Lat}$  fueron muy similares en años 2002, 2004 y 2006 con valores de 11.4° a 11.8°S y en 2003, 2005 y 2007 con valores de 15.1 a 15.8°S, su configuración espacial fue diferente, pero con menor extensión latitudinal respecto al escenario 1.

Otra observación resaltante en el escenario 2 es la ausencia de pesca del jurel a lo largo de toda la región Norte, excepto en el 2006, en el cual se registraron capturas entre los 7° y 10°S (Fig. 17).

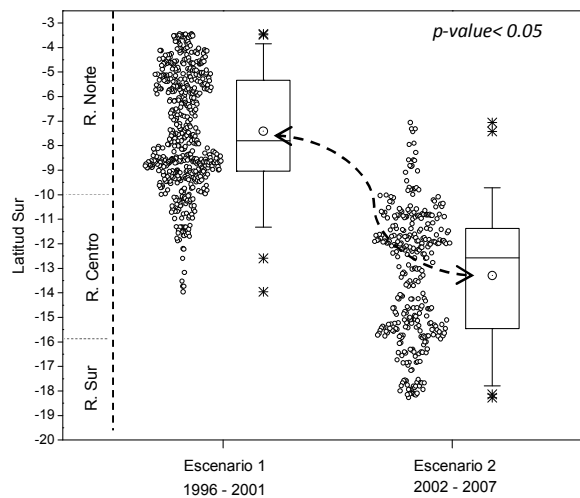
**Tabla 3.** Resultados de la prueba no paramétrica Kruskal Wallis comparando los  $CG_{Lat}$  por años de las capturas del jurel, obtenidas por el PBP durante 2002 - 2007

Escenario	Año	N	Mediana	Test Kruskal-Wallis
Escenario 2	2002	13	-12.28 °S	$*$ $p = 7.67E-37, p < 0.05$ Chi-Square = 179.28
	2003	38	-15.22 °S	
	2004	28	-11.89 °S	
	2005	32	-15.81 °S	
	2006	103	-11.31 °S	
	2007	74	-15.70 °S	

*\*:* Indica estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ).

Tomando en cuenta los resultados anteriores se comparó estadísticamente la distribución latitudinal de los  $CG_{Lat}$  de las capturas del jurel por escenarios de pesca. Los resultados muestran que este desplazamiento o cambio latitudinal de zonas de pesca de norte a sur fue estadísticamente significativo (P. Mann Whitney,  $p < 0.05$ ), centrándose los  $CG_{Lat}$  de las capturas en escenario 1 entre los 06°S y 09°S, con una mediana de 7.7°S; y en el escenario 2 entre los 12°S y 16°S, con mediana de 12.6°S (Fig. 18).

En base a estos resultados se corroboran los dos escenarios de pesca planteados.



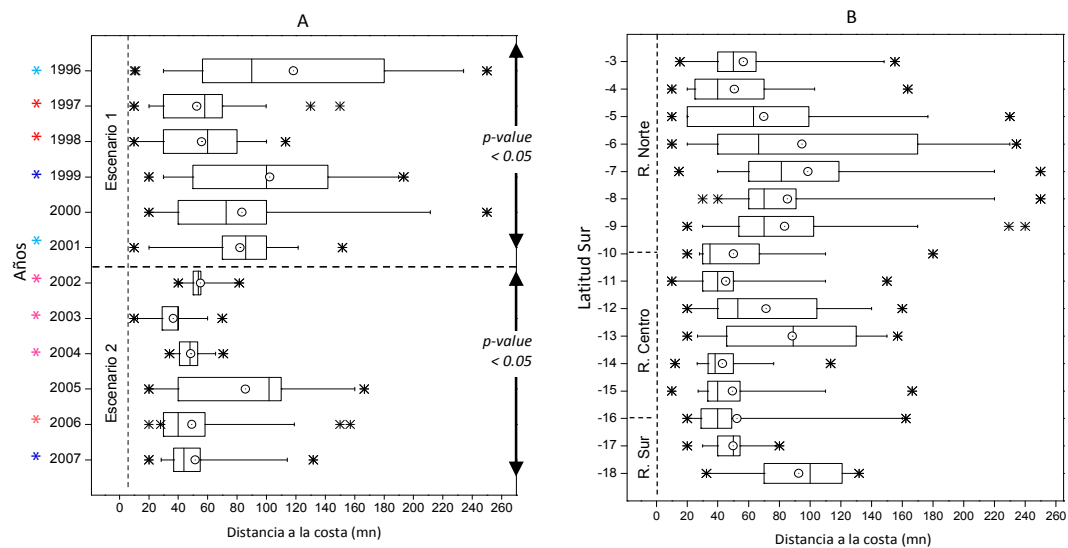
**Figura 18.** Diagrama de cajas de los  $CG_{Lat}$  de las capturas del jurel por escenarios de pesca de la flota cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. Los puntos al lado izquierdo indican la dispersión de los  $CG_{Lat}$ .

#### 5.4.2. Variación anual de los centros de gravedad de distancia a la costa ( $CG_{DC}$ )

Los centros de gravedad de distancia a la costa ( $CG_{DC}$ ) de las capturas se ubicaron desde la zonas costera (10 mn) hasta la zona oceánica (250mn), mostrando variaciones anuales de acercamiento y alejamiento de la costa a lo largo del periodo de estudio (Fig. 19A).

Cuando la flota operó frente a la región Norte - Centro (E1), los  $CG_{DC}$  variaron entre las 10 y 250 mn de la costa, con medianas entre 58 y 100 mn. Estas distancias fueron significativamente diferentes entre años (P. K. Wallis,  $p < 0.05$ ). Durante 1997 y 1998, años de evento El Niño, los  $CG_{DC}$  de las capturas se centraron a distancias menores a 60 mn; mientras que en años “normales” entre las 70 y 90 mn de la costa. El mayor desplazamiento de la flota hacia la zona oceánica fue en 1996, 1999 y 2000, alcanzando  $CG_{DC}$  máximos de 193 a 250 mn de la costa (Fig. 19A).

Frente a la región Centro Sur (E2), la flota operó más cerca a la costa, con  $CG_{DC}$  entre las 10 y 167 mn de ella y con medianas entre 39 y 53 mn, excepto en 2005 cuando se centraron a 101 mn de la costa (Fig. 17A). La variación anual de las medianas de los  $CG_{DC}$  también mostraron diferencias espaciales significativas (P. K.Wallis,  $p < 0.05$ ). El desplazamiento de la flota fue mayor entre los años 2005 y 2007, alcanzando  $CG_{DC}$  máximos de 131 a 167 mn de la costa. Entre el 2002 y 2004, los  $CG_{DC}$  fueron más costeros, variando entre 70 y 81 mn de distancia a la costa (Fig. 19A).



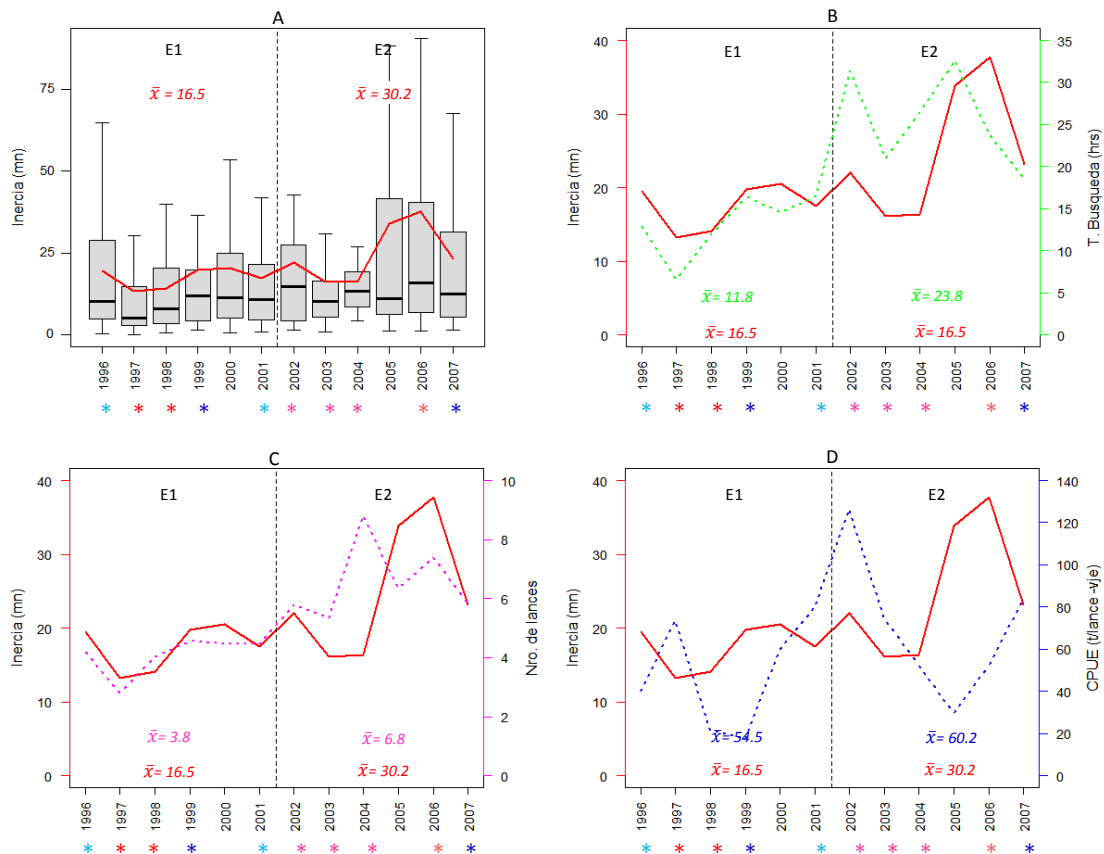
**Figura 19.** Variación anual (A) y latitudinal (B) de centros de gravedad de distancia a la costa ( $CG_{DC}$ ) de las captura de jurel de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. Los \* en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.

Los  $CG_{DC}$  según la gradiente latitudinal (Fig. 19B), mostraron un mayor desplazamiento longitudinal de la flota frente a la región Norte, principalmente entre los 5° y 9° S. En general, la distribución longitudinal de la flota, fue decreciente de norte a sur, evidenciándose un patrón similar a la configuración de la plataforma continental del mar peruano, cuya amplitud disminuye hacia el sur, siendo más ancha entre los 7° y 10°S (Zuta y Guillen, 1970).

#### 5.4.3. Variación anual de la inercia espacial ( $I_e$ ) de las capturas

La  $I_e$  o dispersión de los puntos de captura respecto a su centro de gravedad varió con medianas anuales entre 3,8 (1997) y 14,3 (2002) mn. Esta variación anual mostró una tendencia creciente hacia el escenario 2 (Fig. 20A), mostrando una mayor dispersión

espacial de las capturas entre los años 2005 y 2007, lo que reflejó un aumento importante de la  $I_e$  promedio, pasando de 16.5 mn (escenario 1) a 30.2 mn (escenario 2).



**Figura 20.** Variación anual de la inercia espacial (A) y el esfuerzo pesquero: tiempo de búsqueda (B) y número de lances (C), y la CPUE (D) de las capturas de jurel de la flota de cerco que registró el PBP entre 1996 y 2007. En cada escenario de pesca (E1 y E2) se presenta el promedio ( $\bar{X}$ ) de cada variable. Los \* en matices rojo indica eventos “El Niño” y en azul “La Niña”.

Se observó una correspondencia casi directa entre los valores promedios de la  $I_e$  y el tiempo de búsqueda, marcándose en ambas variables una tendencia creciente hacia el escenario 2 (Fig. 20B). Esta misma tendencia se observó entre los valores promedios de la  $I_e$  y el número de lances (Fig. 20C).

En el caso de la  $I_e$  y CPUE no hubo una correspondencia clara entre los valores promedios de ambas variables, puesto que en determinados años se observó una relación inversa, como en 1996-1999, 2001, 2005 y 2007; y otros años una relación directa, como en el 2000, 2002 – 2004 y 2006 (Fig. 20D).

### **5.5. Interacción masas de agua - capturas del jurel**

Cabe señalar que los resultados de la interacción espacial masas de agua y capturas del jurel corresponden sólo a los meses de verano. En Anexo 6 se presenta la descripción de la distribución de las masas de agua superficiales del mar peruano prospectadas durante los meses de verano de 1996 al 2007.

#### **5.5.1 Análisis exploratorio a partir de los puntos de capturas**

Los mapas de interacción ambiente-recurso muestran que la flota de cerco capturó jurel en los diversos tipos de masas de agua superficiales que caracterizaron al mar peruano durante los veranos de 1996 al 2007 (Fig. 21.1 a 21.4).

Cuando la flota operó frente a la región Norte Centro (1996 - 2001), sus capturas se localizaron en masas de aguas cálidas (ATS y AES) propias del norte, en aguas oceánicas (ASS), en aguas frías (ACF) y en la confluencia de las mismas (Aguas de Mezcla). Frente a la región Centro Sur (2002 y 2007), donde fueron característicos las ACF y ASS, el jurel fue ubicado en ambas masas de agua, en la interacción de las mismas y de ellas con las ATSA.

La distribución de estas capturas se presentó en rangos de temperatura superficial del mar (TSM) que variaron de 18,2 a 27,6 °C frente a la región Norte Centro y de 16,7 a 25,6 °C en la región Centro Sur. Estos valores de TSM correspondieron a registros obtenidos *in situ* durante los muestreos del PBP.

Verticalmente los estratos de cardúmenes del jurel fueron detectados y capturados desde los 0 a 104 m de profundidad, siendo frecuentes a profundidades de 10 a 30 m. Los estratos promedios más superficiales se observaron en el 2004 (en el día entre 8.9 y 23.8 m y en la noche entre 7.6 y 19.3 m) y los más profundos en 1998 (en el día entre 21.2 y 39.2 m y en la noche entre 25.8 y 51.5 m) y 2005 (en el día entre 17.9 y 54.77 m y noche entre 16.9 y 58.5 m). No se observaron diferencias importantes en la profundidad de los cardúmenes durante el día y la noche (Fig 21.1 a 21.4).

#### **5.5.2. Presencia y abundancia relativa del jurel por masas de agua**

La presencia (% de lances de pesca con jurel) y CPUE (t/lance - vje) del jurel por masas de agua fue variable a lo largo del periodo de estudio, ya que zonas de mayor o menor pesca no fueron exclusivas a un tipo de masas de aguas.

Ambas variables no necesariamente mostraron tendencias similares, es decir en aquellas masas de agua donde se registró una mayor o menor presencia de capturas, los índices de CPUE) fueron inversos en la mayoría de casos. Este patrón fue observado principalmente durante los veranos del escenario 1.

**Durante los veranos de los años 1996 - 2001**, cuando la flota operó frente a la región Norte-Centro, la presencia del jurel se observó en 438 de 876 lances registrados por el PBP. Estos se concentraron en un tipo de masa de agua diferente en cada verano. La CPUE fue variable dentro y entre cada masa de agua, sin mostrar un patrón de mayor o menor de CPUE. Estos resultados son detallados a continuación:

**Presencia del jurel por masas de agua (Fig 21.1 a 21.2, % de lances de pesca):**

En el **verano 1996**, el mayor número de lances se registró en AES (63%), con 29% de lances positivos, 26% negativos y 9% nulos. La flota operó también en ACF (21%) y AMEC (16%), donde la fracción de lances positivos fue mayor. En **el verano 1997**, 40% de lances fue registrado en AES, 38% en AMEC y 23% en ACF, siendo mayor la presencia del jurel en AES y ACF. En el **verano 1998**, cuando las ASS ocuparon gran parte del litoral (Fig. 21), en ellas se registró el 94% de lances, con 40 % positivos y 27% de negativos y nulos. En otras zonas los lances fueron negativos y/o nulos, ATS (4%), ACF (1%) y AMCS (1%). En los veranos siguientes, la flota abarcó más tipos de masas de aguas. En el **verano 1999**, en ASS se registró el 52% de lances, 23% positivos, 12% negativos y 16% nulos. Otras zonas frecuentadas fueron las ATS (15%) y AES (14%), con mayor éxito de lances positivos en ATS. Zonas menos concurridas fueron las AMTE (ATS-AES) y AMCS (ACF-ASS), con 7% (5% positivos) y 6% (1% positivos), respectivo. En el **verano 2000**, la flota tuvo mayor éxito de lances positivos en las diferentes masas de agua donde operó. En ATS fue 28% de 42%; en AMTE 18% de 24%; AMCS 12% de 19% y en AES 5% de 13%. En ellas, los lances nulos fueron mayores a los negativos. En ACF, el 1,3% de lances comprendió entre lances negativos y nulos. En el **verano 2001**, destacó un mayor esfuerzo en ACF y AMCS. En ACF, el 36% de 54% fueron lances positivos y en AMCS 17% de 27%; en ambos casos los lances nulos fueron mayores a los negativos. En AES del 10% de lances, 6% fueron positivos, 3% nulos y 1% negativos. En ASS (5%) y ATS (2%) los lances fueron positivos.

**CPUE del jurel por masas de agua** (Fig. 21.1 a 21.2, diagramas de cajas de CPUE):

En los veranos 1996 y 1997 la flota mostró una configuración algo parecida entre ambos veranos; sin embargo, las concentraciones del jurel destacaron en zonas diferentes. En 1996 en AMEC, con mediana de 32.2 t/lance-vje [0 a 293 t/lance-vje] y en 1997 en ACF con mediana de 47.5 t/lance-vje [24 a 97.5 t/lance-vje], seguida por las AES, con mediana de 32.5 t/lance-vje [4.6 a 88 t/lance-vje]. Los menores valores de CPUEs se obtuvieron en AES (1996) y en AMEC (1997), con mediana de 2.2 t/lance-vje [0 a 89.7 t/lance-vje] y 5.0 t/lance-vje [3 a 61 t/lance-vje], respectivamente. En el verano 1998, los estimados de CPUE fueron los más bajas de todo el periodo de estudio, con una mediana de 0.6 t/lance-vje [de 0 a 35 t/lance-vje]. En el verano 1999, las CPUEs fueron mayores al verano 1998, destacando las ATS, con una mediana de 18,5 t/lance-vje [0 a 305.1 t/lance-vje]. En otras zonas (ASS, ATS y AMCS), las medianas no superaron las 9.5 t/lance-vje, a pesar que en ASS el éxito de lances positivos fue mayor. En el verano 2000, las CPUEs incrementaron respecto a los veranos anteriores, siendo mayores en AMEC, con mediana de 74 t/lance-vje [0 a 400 t/lance-vje], seguidos en ATS y AMCS, con respectivas medianas de 48 y 51 t/lance-vje, En ellas el éxito de lances positivos fue bastante similar. En AES, la CPUE mediana fue de 20.7 t/lance-vje [0 a 44 t/lance-vje]. En el verano 2001, en ACF y AMCS, donde fue mayor el éxito de lances positivos, se registraron mayores CPUEs, con medianas de 56 t/lance-vje [1 a 250 t/lance-vje] y 45 t/lance-vje [0 a 250 t/lance-vje]. En AES, la CPUE fue de 10 t/lance-vje [4 a 48 t/lance-vje]. En otras zonas la presencia del jurel no fue mayor a dos lances.

**Durante los veranos de los años 2002 y 2007**, cuando la flota operó frente a la región Centro-Sur, la presencia del jurel fue referida a 1044 de 2009 lances de pesca registrados por PBP. Estos presentaron una distribución más uniforme entre masas de agua, excepto en el 2002 y 2003. Los estimados de CPUE mostraron valores muy similares entre masas de agua, pero con una alta dispersión dentro de ellas. Estos resultados son detallados a continuación:

**Presencia del jurel por masas de agua** (Fig 21.3 a 21.4, gráfico % de lances de pesca):

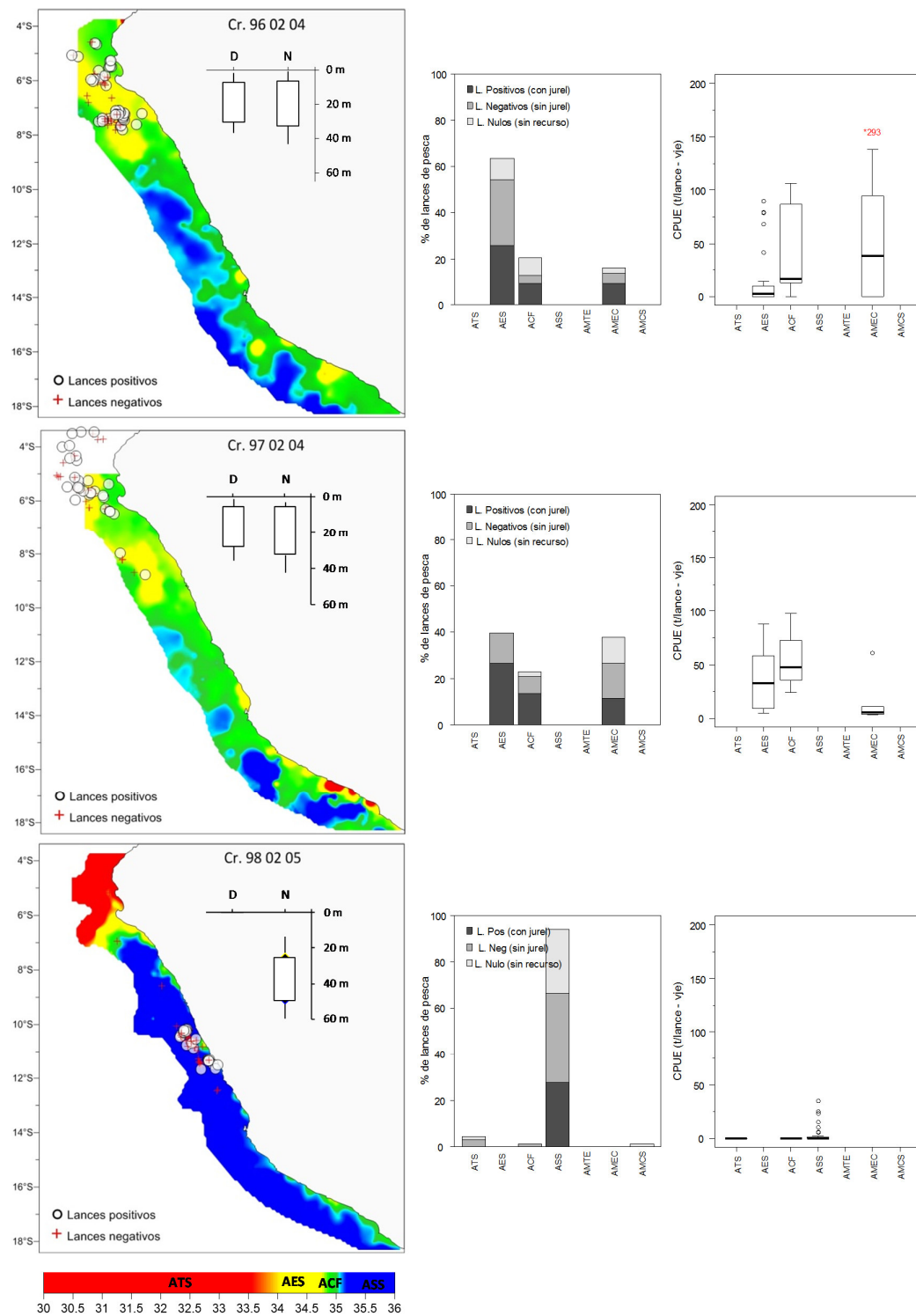
En el verano 2002 en AMCS se registró el 87 % de lances (38% de lances positivos, 39% de nulos y 10% de negativos). En ASS todos los lances fueron nulos y en ACF nulos y negativos. En el verano 2003 el 87% de lances se registró en ACF, destacando los positivos (49%), los nulos y negativos representaron el 22% y 17%, respectivamente. Las zonas menos frecuentadas fueron ASS (7%) y AMCS (5%). En el verano 2004 se



observó un mayor número de lances de pesca en ASS (52%) y AMCS (48%), con un respectivo 16 y 27 % de lances positivos. En ambas zonas, los lances nulos representaron 16%; y los negativos 16% en ASS y 5% en AMCS. **En el verano 2005**, se registraron 37% de lances en ACF, 33% en AMCS y 29% en ASS; predominando en ellas los lances nulos (de 16 a 24%); los positivos fueron de 10 a 11% y los negativos de 2 a 5%. **En el verano 2006**, el 50% de lances se dieron en ACF, con 28% de lances positivos, 16% nulos y 6% negativos. El 32% en AMCS, con 15% de positivos, 9% nulos y 8% negativos. El 17% restante se registró en ASS, con 8% de lances positivos, 6% nulos y 4% negativos. **En el verano 2007**, 40% de lances se registraron en ACF, 37% en AMCS, 19% en ASS y 4% en mATSA (aguas de mezcla: ACF+ASS+ATSA). En todas ellas la fracción de lances positivos fue mayor, 26% en ACF, 25% en AMCS, 13% en ASS y 4% en mATSA. La proporción de lances nulos varió de 1 a 14% y los negativos no superaron el 2%.

**CPUE del jurel por masas de agua** (Fig. 21.1 a 21.2, diagramas de cajas de CPUE):

**En el verano 2002**, cuando la presencia de jurel sólo se observó en AMCS, la CPUE mediana fue de 70.2 t/lance-vje [4 a 250 t/lance-vje]. **En el verano 2003**, a pesar de que en AMCS el esfuerzo de pesca fue menor a otras zonas, la CPUE mediana fue la más alta, de 51.7 t/lance-vje [34.7 a 73 t/lance-vje]. Caso opuesto se observó en las ACF, donde el esfuerzo de pesca fue mayor; pero la CPUE mediana no superó lo estimado en AMCS, siendo de 41.2 t/lance-vje [0 a 189 t/lance-vje]. De otro lado, en ASS la CPUE mediana fue de 16.2 t/lance-vje [0 a 97.3 t/lance-vje]. En el **verano 2004**, en las zonas donde operó la flota, ASS y AMCS, no se observaron diferencias importantes en las CPUE medianas, a pesar de que en AMCS el éxito de lances positivos fue ligeramente mayor. En ASS fue de 33.8 t/lance-vje [0 a 120 t/lance-vje] y en AMCS de 37.5 [0 a 170 t/lance-vje]. En el **verano 2005**, aunque el éxito de lances positivos fue muy similar entre masas de agua, las CPUE medianas estimadas fueron diferentes: en ACF de 62.5, en AMCS de 26.5 y en ASS 17 t/lance-vje; cuyos rangos de CPUE variaron entre 0 y 112 t/lance-vje. En el **verano 2016**, aunque hubo diferencias notorias de lances positivos entre masas de agua, las CPUEs mostraron concentraciones parecidas; con medianas de 36.7 t/lance-vje en ACF, 29.1 t/lance-vje en ASS y de 18 t/lance-vje en AMCS. En el **verano 2007** no se observaron diferencias importantes de las CPUEs medianas entre masas de aguas; en ACF fue de 61 t/lance-vje, en AMCS de 59.3 t/lance-vje, en ASS de 53.1 t/lance-vje y en mATSA de 46.0 t/lance-vje.



**Figura 21.1.** Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 1996 -1998. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo, hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.

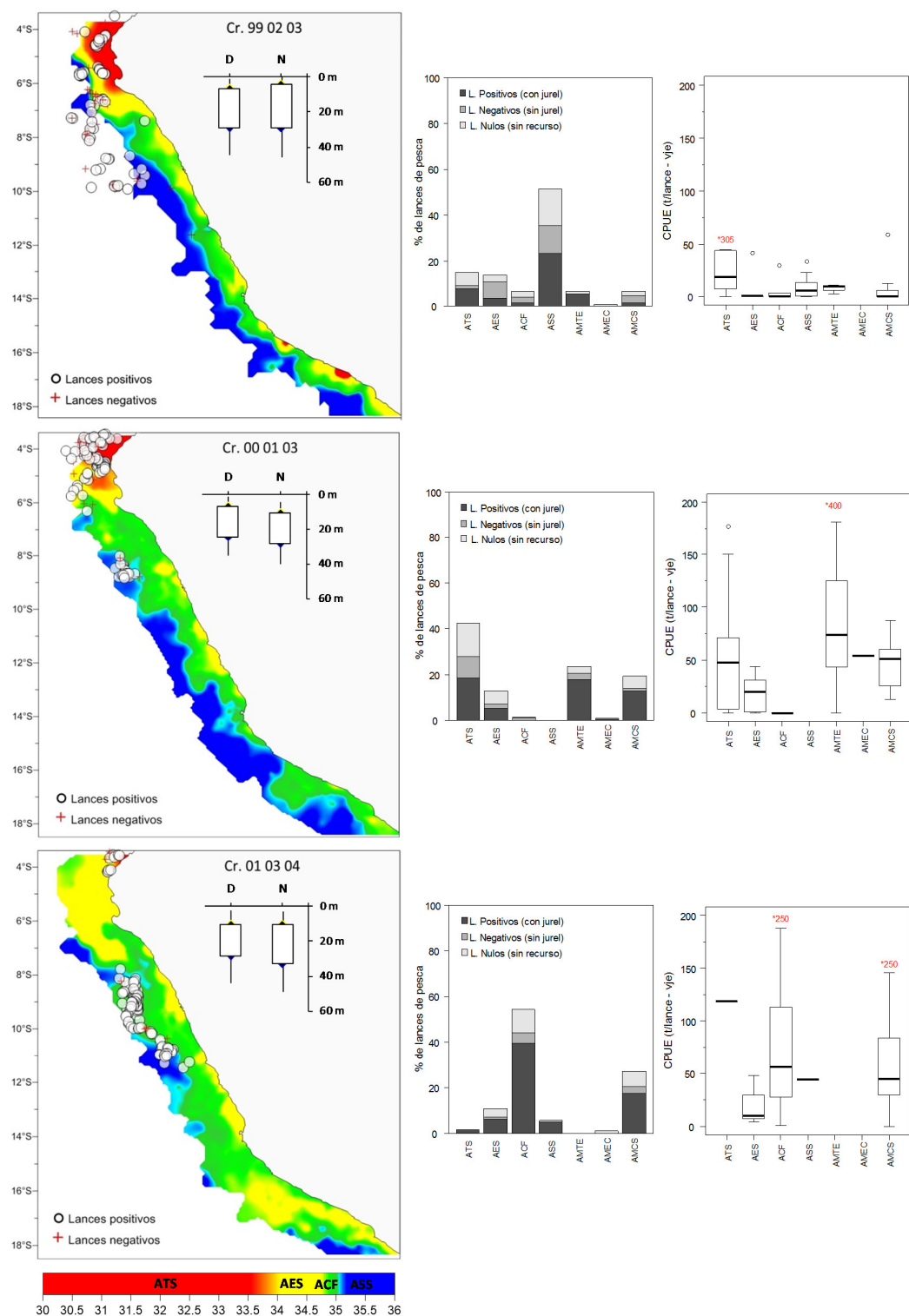


Figura 21.2. Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 1999 -2001. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo, hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.

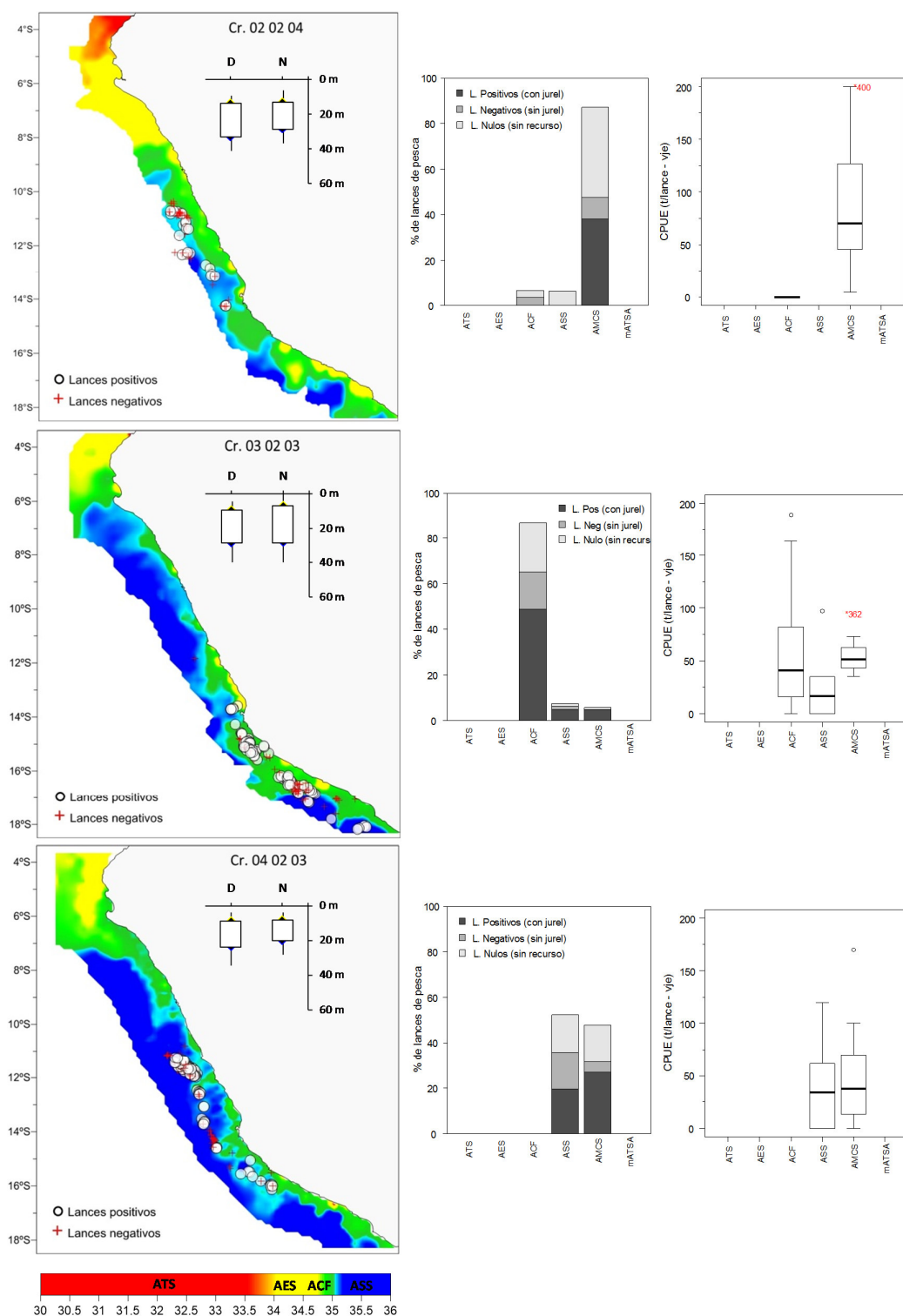


Figura 21.3. Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 2002 -2004. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo, hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.

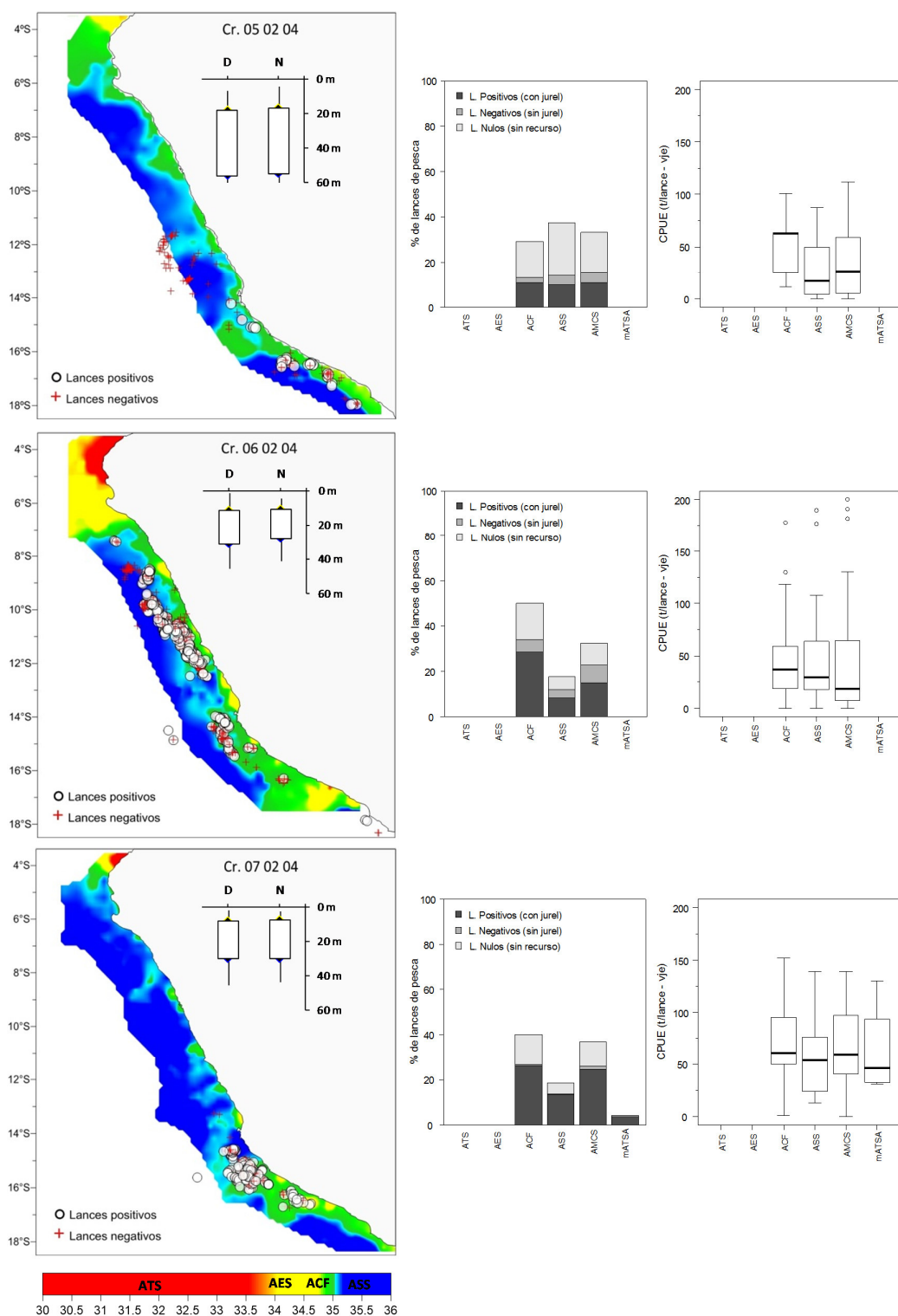


Figura 21.4. Distribución de las masas de agua y capturas del jurel de la flota de cerco, correspondiente solo a los meses de veranos 2005 -2007. Se presenta la distribución vertical o profundidad (metros) de las capturas durante el día (D) y noche (N). Asimismo hacia el lado derecho se presenta la variación porcentual de los tipos de lances y CPUE por masa de aguas.

### 5.5.3 Análisis integrado de la presencia y CPUE del jurel por masas de agua

Del análisis integrado (veranos 1996 – 2007), en términos de presencia, la mayor frecuencia de lances positivos o con capturas de jurel estuvo asociada, en el siguiente orden, a ACF, AMCS y ASS (Fig. 22A). Al tratar estos resultados por escenarios, esta tendencia estuvo marcada por los resultados del escenario 2 (veranos 2002-2007), donde destacaron los lances positivos o con capturas de jurel respecto a los negativos y nulos en las diferentes masas de agua que definieron dichos veranos (Fig. 22B). Por lo contrario, en el escenario 1 (veranos 1996-2001), el éxito de lances positivos fue menor a los negativos y nulos en todas las masas de agua (Fig. 22C).

Respecto a las CPUEs, éstas mostraron diferencias significativas entre masas de agua (P. Kruskal Wallis,  $p < 0.05$ ) (Fig. 22D), contraste observado principalmente en el escenario 1, donde los mayores valores de CPUE se estimaron en AMTE, con mediana de 68.8 t/lance-vje y menores en ASS y AES, con respectivas medianas de 0.2 y 5.0 t/lance-vje (Fig. 20E). En el escenario 2 estas estimaciones no mostraron diferencias significativas (P. Kruskal Wallis,  $p = 0.27$ ) entre masas de agua, cuyas medianas variaron de 31,5 a 46.0 t/lance-vje.

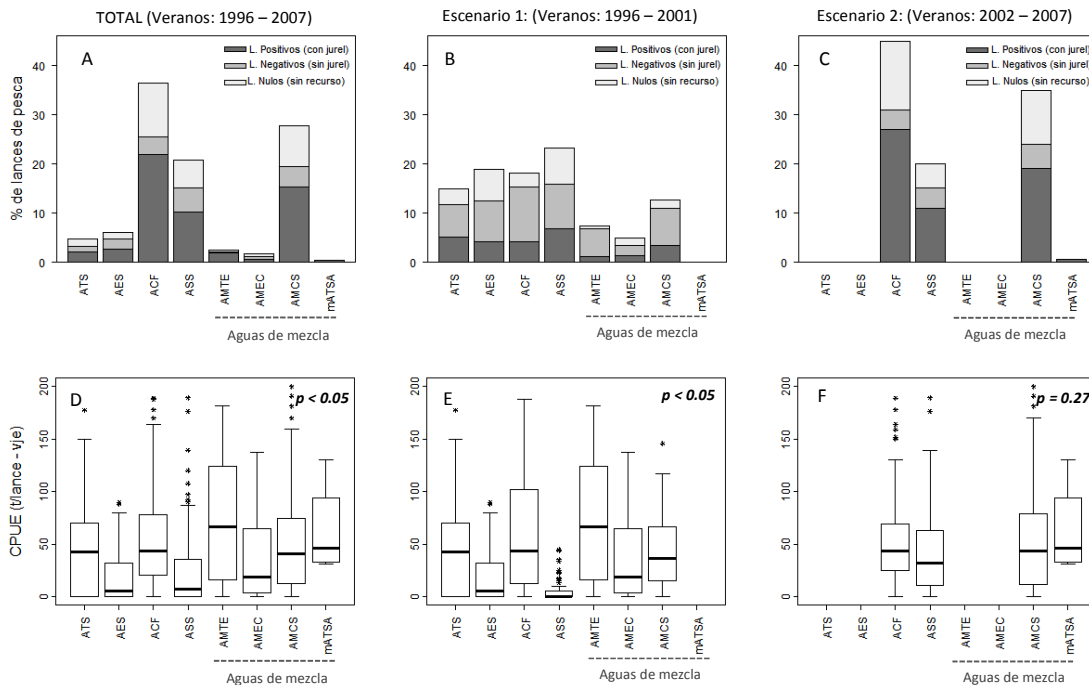


Figura 22. Análisis integrado de la presencia (%) y CPUE de las capturas del jurel de la flota de cerco por masas de agua para el periodo de los veranos 1996 – 2007.

Es importante indicar que, en ambos escenarios, en aguas de mezcla se encontró una mayor fracción de lances con capturas mayores a 100 toneladas. En el escenario 1, destacó las AMTE, donde el 32,7% del total de lances efectuados en ellas fueron mayores a 100 t por lance; y en el escenario 2, destacaron las AMCS con 16,0% de dichas capturas (Tabla 4).

**Tabla 4.** Porcentaje de lances de pesca por tipo de masa de agua y por rangos de capturas jurel por lance de la flota de cerco para el periodo de los veranos 1996 – 2007.

Escenario 1 (1996 -2001)

Rango de Captura por lance (t)	ATS n = 84	AES n = 128	ACF n = 121	ASS n = 142	AMTE n = 55	AMEC n = 31	AMCS n = 79	mATSA n = -
0-100	85.7%	95.3%	77.7%	99.3%	67.3%	83.9%	84.8%	-
100-200	9.5%	3.1%	17.4%	0.7%	25.5%	12.9%	12.7%	-
200-300	2.4%	1.6%	2.5%	-	5.5%	3.2%	1.3%	-
300-400	2.4%	-	2.5%	-	-	-	1.3%	-
400-500	-	-	-	-	1.8%	-	-	-
% capt > a 100 t por lance	14.3%	4.7%	22.3%	0.7%	<b>32.7%</b>	16.1%	15.2%	-

Escenario 2 (2002 – 2007)

Rango de Captura por lance (t)	ATS n = -	AES n = -	ACF n = 591	ASS n = 268	AMTE n = -	AMEC n = -	AMCS n = 457	mATSA n = 9
< 100	-	-	87.8%	87.4%	-	-	84.0%	88.9%
100-200	-	-	9.6%	9.0%	-	-	11.4%	11.1%
200-300	-	-	1.8%	2.5%	-	-	3.1%	0.0%
300-400	-	-	0.5%	0.7%	-	-	1.3%	0.0%
400-500	-	-	0.3%	0.4%	-	-	0.2%	0.0%
% capt > a 100 t por lance	-	-	12.2%	12.6%	-	-	<b>16.0%</b>	11.1%

n es el número de lances por masas de agua

## 6. DISCUSIÓN

---

En el presente estudio, si bien la proporción anual de las capturas del jurel registradas *in situ* entre 1996 y 2007 por el Programa de Bitácoras de Pesca (PBP) representó entre el 3 y 13 % respecto a su desembarque total en el litoral peruano, la representatividad espacial y temporal de dichas capturas georreferenciadas mostró claramente importantes cambios en la distribución de las capturas de jurel, destacando el desplazamiento latitudinal de norte a sur de las zonas de pesca.

Este cambio latitudinal de la flota habría estado asociado básicamente a la búsqueda de mejores concentraciones del recurso, lo cual marcó dos escenarios espaciales de las capturas, teniendo como punto de quiebre el año 2002. El primero de ellos (E1: 1996 – 2001) concentró la pesca en la región Norte y el segundo (E2: 2002 – 2007) en la región Centro Sur. Estos resultados encontrarían parte de sustento en el trabajo de Segura y Aliaga (2013), quienes a partir de evaluaciones hidroacústicas reportaron cambios latitudinales en la distribución del jurel entre 1983 y 2012; llegando incluso a no detectarse o detectarse bajísimas concentraciones de esta especie frente a la zona norte del Perú a partir del año 2002 en adelante.

Frente a estos resultados y teniendo en cuenta que la distribución geográfica de la flota sería un buen indicador espacial del pez (Sparre & Venema, 1997; Verdoit *et al.*, 2003), la pregunta es por qué la ausencia o poca presencia del jurel en la zona norte del mar peruano; lo que a su vez conlleva a la siguiente interrogante ¿Las concentraciones del norte migraron más hacia el sur y/o al suroeste, determinando a una mayor disponibilidad del jurel en el sur? Las posibles respuestas se encontrarían al determinar qué factores externos habrían desencadenado estos cambios espaciales, incluyendo la repercusión que podría haber tenido la pesca sobre el núcleo poblacional del jurel del norte de Perú.

### 6.1. El jurel en aguas peruanas: distribución, abundancias y pesquería

Si bien los resultados del presente estudio mostraron un cambio latitudinal de norte a sur de las zonas de pesca del jurel entre 1996 y 2007, otras investigaciones en base a información pesquera y de prospecciones científicas coinciden en señalar que el jurel del mar peruano durante las últimas décadas no solo ha experimentado cambios en su distribución, sino también en sus abundancias y disponibilidad hacia la pesca (Gutierrez *et al.*, 2012; Dioses, 2013; Espino, 2013; Segura & Aliaga, 2013). Estos cambios en conjunto habrían marcado diferencias en el desenvolvimiento de la flota de cerco, reflejándose en la variación gradual de los índices



pesqueros y espaciales analizados en el presente estudio, resultados que serán discutidos más adelante.

En cuanto a las abundancias, Segura y Aliaga (2013) para el periodo 1983 - 2012, encontraron estimaciones acústicas de biomásas marcadamente diferentes antes y después del evento El Niño 1997-1998 (Anexo 2), siendo éstas respectivamente de altas biomásas (1 a 8.5 millones de toneladas) y bajas biomásas (menores a 1 millón de toneladas). Al respecto, Espino (2013) indica que estas bajas biomásas estimadas no necesariamente habrían reflejado las abundancias reales del jurel, sino más bien la baja disponibilidad del recurso en aguas jurisdiccionales del mar peruano. Es de considerar que la cobertura espacial y limitaciones de los métodos acústicos pueden conllevar a subestimar la abundancia y distribución de una especie (Simmonds & MacLennan, 2005). En este caso, el alcance longitudinal de las prospecciones acústicas al estar principalmente en función de la anchoveta, no habría permitido identificar zonas más allá de la misma, la cual normalmente habita dentro de las 100 mn de la costa (Ñiquen, 1992); mientras que el jurel al ser una especie transzonal discurre dentro y fuera de las 200 mn (Dioses, 1995). Este sesgo espacial se corrobora claramente con la importante presencia de capturas de jurel entre las 100 y 250 mn de la costa obtenidas por la flota de cerco analizada en este estudio.

Desde un enfoque pesquero, respecto a las altas y bajas biomásas del jurel descritas líneas arriba, Csirke (2013), destaca que *“los cambios en la abundancia han ocurrido en ausencia de una presión de pesca importante, con capturas muy bajas en las décadas de los ochenta y noventa”*. Años atrás, Ganoza en 1998 definió al jurel como una especie subexplotada, pues entre 1983 y 1997, periodo de altas biomásas, la fracción anual pescada no superó el 10% de ellas, excepto en 1985. Una situación diferente se observó entre 1998 y 2012, siendo un periodo de bajas biomásas, las capturas obviamente representaron una mayor fracción de ellas (12 a 78%) que en términos pesqueros significó un incremento del 28% en capturas respecto al periodo anterior (1983 – 1997). Asociar este descenso a la pesquería sería poco sostenible. Por un lado, el descenso interrumpido y marcado de las biomásas se observa a partir de 1994 “cesando” en 1997, siendo desde entonces bajas (Anexo 2). En este lapso, la pesca seguía siendo poco representativa a pesar del mayor número de embarcaciones dirigidas al jurel; esfuerzo que posteriormente disminuyó significativamente (Ñiquen *et al.*, 2013) y se ha mantenido casi estable a partir del 2002 cuando el jurel fue asignado exclusivamente para el consumo humano directo. De otro lado, este incremento del 28% en la pesca, básicamente se sustentó por la notable captura del año 2001, de lo contrario no habría sido mayor al 6%.

## 6.2. Caracterización espacio-temporal de las capturas del jurel

La información del PBP ha permitido tener más elementos puntuales sobre el desarrollo de la actividad extractiva del jurel, a partir del cual se puede evidenciar que el jurel no ha sido un recurso sometido a una presión constante de pesca a pesar de su importancia pesquera desarrollada desde fines de los años sesenta (Csirke, 2013). Hasta antes de los años 2000, cuando la flota operó en la región Norte, sus capturas se enmarcaron como capturas incidentales, a diferencia de la sardina y anchoveta que eran objetivo de pesca. Ello se reflejó en una mayor proporción de lances negativos o con capturas de sardina. Posteriormente, cuando la flota se desplazó hacia el Centro - Sur, las capturas se definieron más en un contexto de capturas objetivo, pues parte de la flota orientó su pesca exclusivamente como tal al recurso jurel. Esta transición de captura incidental a objetivo sería acentuada ante la mayor importancia comercial del jurel y declinación poblacional del recurso sardina (Cárdenas *et al.*, 2015), factores que han colocado al jurel como un recurso objetivo y alternativo para la flota de cerco peruana, aunque su pesca ha sido y es determinada por la disponibilidad del jurel en aguas peruanas y su aprovechamiento en periodos de cierre o veda de la pesca de anchoveta. Es así que Ñiquén *et al.* (2013) en base a registros históricos (desde 1972) y presentes de los desembarques del jurel caracterizan su explotación como una pesquería intermitente o alternante desde sus inicios.

Entre los dos escenarios de pesca identificados en este estudio se ha podido diferenciar comportamientos distintos respecto a las capturas y el esfuerzo pesquero (número de lances y el tiempo de búsqueda de recurso), indicadores fundamentales en una pesquería y por ende del recurso objetivo en estudio. Las capturas basadas en su mínima unidad de observación, los lances de pesca, e indistintamente a la capacidad de bodega de la embarcación, se caracterizaron por ser muy bajas en la región Norte (1997 – 2001), donde predominaron capturas menores a 10 t por lance; y fueron bajas en la región Centro-Sur (2002 – 2007) donde destacaron volúmenes mayores a 10 t por lance. Respecto al esfuerzo pesquero, el tiempo de búsqueda del recurso y número de lances mostraron tendencias crecientes en el tiempo, que se asocian al desplazamiento latitudinal de la flota, a su vez a la disponibilidad del recurso. Esto significó que frente a la región Centro-Sur, la flota sumó un mayor esfuerzo de pesca para encontrar y capturar jurel, claramente reflejado en un incremento de 10.8 a 23.8 horas promedio en la búsqueda de cardúmenes y de 3.8 a 6.8 lances de pesca promedio por viaje.

Los indicadores descritos anteriormente conllevan a discutir y suponer respuestas sobre la estructuración espacial del jurel para los escenarios de pesca identificados que se enmarcan en

el periodo de bajas biomاسas. Para el escenario 1, se habría esperado un mayor éxito en las capturas por lance ante la mayor disponibilidad y biomاسas del jurel, como lo descrito para los años 1996, 1997 y 2000 (Segura & Aliaga, 20013); sin embargo, éstas fueron muy bajas. Esta baja representatividad haría suponer que espacialmente, los cardúmenes del jurel se habrían distribuido de manera homogénea (en pequeños parches) pero no tan distantes entre sí, deduciendo esto último en parte al hecho de que el tiempo de búsqueda del jurel en el escenario 1 fue mucho menor a lo hallado en el escenario 2, así como el índice de inercia espacial. Otro punto a considerar es que el jurel habría sido menos accesible a la pesca, situándose a profundidades mayores a las que operó la flota de cerco. Esto se explicaría debido a que en la zona norte y en periodos cálidos, existe una mayor profundización de la mínima de oxígeno e isoterma de 15 °C (Graco *et al.*, 2007; Flores, *et al* 2013) que conllevan a ampliar el hábitat vertical de muchas especies pelágicas, como el jurel que logra profundidades mayores a 100 m (Dioses *et al.*, 2013). De otro lado, el bajo número de lances de pesca de jurel indicaría que otras especies pelágicas, como la sardina, fueron más accesibles a la pesca de cerco, que operó a profundidades menores a 100m.

A diferencia del escenario 1, en el escenario 2 cuando las biomاسas y disponibilidad del jurel fueron menores, el éxito de las capturas por lance fue mayor. Esto indicaría que en las zonas donde operó la flota, el jurel estuvo en concentraciones más densas, pero espacialmente habrían estado más dispersas entre sí, ya que el tiempo empleado en la búsqueda del recurso fue bastante superior a lo observado en el escenario 1 e igualmente el índice de inercia espacial. Por otro lado, si se tiene en cuenta que verticalmente frente a la zona Centro Sur la estructura térmica y oxiclina son más superficiales (Graco *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2013), el jurel habría sido más accesible a la pesca siendo más superficial como lo observado en los registros acústicos para el periodo 2002 – 2012 (Segura & Aliaga, 2013). Sin embargo, esto último no se reflejó en los resultados del número de lances, ya que hubo un incremento de éstos por viaje de pesca. Es de entender que una mayor accesibilidad al recurso no necesariamente garantiza el éxito del lance, es decir la captura, entonces la flota tiene que desplegar un mayor esfuerzo. Esto explicaría el incremento de lances, evidenciándose una proporción de lances nulos bastante importante.

La ocurrencia de los tipos de lances planteados en este estudio en tres categorías: lances positivos, negativos y nulos, serían analizados por primera vez para la pesquería de cerco peruana. La mayor frecuencia de lances negativos en el escenario 1 respecto al escenario 2 indicaría que la disponibilidad del jurel fue menor a la de otros peces pelágicos, al menos en las

zonas donde la flota de cerco operó. Asimismo, es un indicador más que corrobora que la pesca del jurel en ese entonces se enmarcó en un contexto de captura incidental.

La interpretación de los lances nulos, que fueron más recurrentes en el escenario 2, es compleja ya que deja en discusión si la especie detectada fue o no la especie objetivo. Asumiendo que la especie no capturada fue el jurel, por un lado, indicarían diferencias en la habilidad de pesca entre embarcaciones, asociado a factores propios y/o ambientales. Por otro lado, desde una perspectiva del recurso, significaría que el jurel habría sido menos vulnerable hacia la pesca, sujeto a sus características propias (conducta evasiva). La ocurrencia de estos lances, ya sea por motivos de maniobra, ambientales y/o exclusivas a la especie, son altamente documentadas para la pesca atunera con cerco en todos los océanos (Sarralde *et al.*, 2004; Dreyfus-León *et al.*, 2015). López (2006), para las capturas del atún aleta amarilla, asoció que el decremento en la vulnerabilidad de este recurso es reflejado en un mayor porcentaje de lances no exitosos, resultados que son similares a lo observado en este estudio para el escenario 2 de pesca, situación que puede generar sesgos (subestimaciones) en las estimaciones de la CPUE.

En base al mapeo anual de las capturas y el número de lances estimados por cuadrantes de  $0.5^\circ$  de latitud x  $0.5^\circ$  de longitud, se evidenciaron zonas de pesca con altas capturas como producto del mayor despliegue de esfuerzo pesquero (lances) sobre ellas, pero que traducidos en niveles de CPUE fueron zonas caracterizadas con rangos bajos (1-50 t/lance) e intermedios (51-100 t/lance). En el escenario 1, estas zonas de altas capturas se centralizaron en diferentes latitudes y distancias a la costa, mientras que en el escenario 2 casi de manera interrumpida se orientaron hacia el sur hasta quedar confinada hacia latitudes mayores del mar peruano.

### **6.3. Identificación de cambios espaciales en la distribución de las capturas del jurel**

Basados en el principio de que los peces presentan concentraciones espaciales con diferentes densidades, analizar solo la posición geográfica de las capturas de cierta manera limita la interpretación espacial sobre el recurso objetivo. Respecto a ello y teniendo en cuenta que la distribución espacial de las embarcaciones responde a la búsqueda de zonas con cardúmenes atractivamente pescables, el índice espacial centro de gravedad (CG) aplicado en la presente tesis, que es la ponderación de cada lance de pesca a su volumen de captura (Woiillez *et al.*, 2009), formaría parte del sustento de que los cambios espaciales de la flota de cerco habrían obedecido a las concentraciones del recurso jurel y no a otros factores que pueden direccionar la distribución de una flota, entre ellos medidas regulatorias espaciales y económicas (Csirke,

1990). En el caso del jurel quedan excluidas las regulaciones espaciales, puesto que su manejo pesquero está en función a otras medidas de ordenamiento (Zuzunaga, 2013).

De lo anterior y considerando el sesgo que podría representar la cobertura espacial del PBP, los centros de gravedad latitudinal ( $CG_{Lat}$ ) y por distancia a la costa ( $CG_{DC}$ ) de las capturas confirmaron estadísticamente los cambios espaciales que se observaron en los mapas sinópticos, es decir el cambio latitudinal de norte a sur y de acercamientos y alejamientos de costa durante periodos cálidos y fríos, respectivamente. Esta tendencia espacial observada es muy similar a los resultados encontrados por Gutiérrez (2002) y Segura & Aliaga (2013), quienes estimaron los centros de gravedad de la distribución del jurel en base a observaciones acústicas. Estas similitudes explicarían que estos cambios habrían respondido a la variabilidad espacial de la población del jurel. En este contexto, las capturas permitieron tener más elementos de respuesta ante los cambios ambientales que caracterizaron al periodo de estudio, como fue la presencia de eventos cálidos y fríos de diferente intensidad (ENFEN, 2012; Bouchon & Peña, 2008): El Niño 1997-1998 extraordinario, El Niño 2002-2003 débil y El Niño 2006 moderado; y La Niña 1996 débil, La Niña 1999-2001 débil y La Niña 2007 fuerte.

Latitudinalmente, ni entre eventos cálidos ni fríos se diferenció un patrón definido en la distribución de los  $CG_{Lat}$  de las capturas, quizás debido a la diferencia en intensidad, duración y cobertura de los mismos, además de la cobertura del muestreo. Sin embargo, se notaron contrastes importantes respecto al antes, durante y después del desarrollo de un evento cálido de magnitud moderada a más. Es así que frente a El Niño 1997-1998, antes (1996) y después (1999) de su desarrollo, la flota abarcó una distribución homogénea en todo su alcance latitudinal, y durante su desarrollo (1997-1998) una distribución fraccionada en dos zonas, focalizándose al norte de los 6°S y al sur de los 8°S. Estos resultados podrían indicar que la segregación de la población del jurel en dirección norte y sur habría sido un proceso dado en pleno desarrollo del evento (1998) y no necesariamente después (1999), como lo señalado por Bertrand *et al.*, (2004). Ante El Niño 2006, el comportamiento espacial de flota fue inverso al evento anterior, es decir antes (2005) y después (2007) del evento tuvo una distribución fraccionada, y casi homogénea durante su desarrollo. En este caso, la flota y el recurso (Segura y Aliaga, 2013) mostraron una configuración latitudinal bastante parecida.

A diferencia de lo observado en la gradiente latitudinal, los  $CG_{DC}$  de las capturas anuales por distancia a la costa marcaron dos tendencias, frente a años cálidos se ubicaron más próximos a costa y en años fríos más distantes de ella. Frente a la región norte, donde la flota abarcó su

mayor extensión longitudinal, el contraste espacial ante la sucesión de condiciones cálidas (EN), frías (LN) y neutras fue más definido; resultados similares fueron reportados por Bouchón & Peña (2008). En general, muchos peces pelágicos muestran una correspondencia entre sus desplazamientos longitudinales y las variaciones térmicas del mar a escala estacional y/o interanual que conllevan a reducir o ampliar sus hábitats favorables, con acercamiento a costa durante el verano y eventos El Niño, y alejamiento en el invierno y eventos La Niña (Espino, 1997; Dioses 2013; Gutierrez, 2014). Bertrand *et al.* (2016), mediante predicciones espaciales en función a la temperatura superficial y concentraciones de clorofila, determinaron que en periodos cálidos (meses y/o años) el jurel tendría un menor hábitat horizontal favorable respecto a otros periodos, disponiéndose hacia la costa. Estos desplazamientos han generado ventajas y desventajas en la accesibilidad y vulnerabilidad del jurel hacia la pesca (Espino, 1997), reflejado en los volúmenes de desembarques e indicadores del esfuerzo de pesca.

Otro punto a diferenciar es la configuración latitudinal que presentaron los *CGDC*; siendo ésta bastante similar a la plataforma continental, cuya amplitud entre los 3° y 7°S va ensanchándose para luego a partir de los 10°S reducirse progresivamente (Zuta y Guillen, 1970). Estudios que hayan relacionado la distribución del jurel en función de la plataforma no han sido encontrados.

#### **6.4. Interacción masas de agua - capturas del jurel**

A una escala anual, gráficamente los mapas de interacción masas de agua-capturas del jurel indicarían que la disponibilidad del jurel hacia la flota fue independiente del tipo de masas de agua, puesto que sus capturas se presenciaron en todas ellas que caracterizaron al mar peruano durante los veranos del periodo de estudio. Esto cobra sustento estadístico al evidenciarse que zonas de mayor o menor pesca, en términos de presencia (% lances de pesca con jurel) y CPUE (t/lance-vje), no fueron exclusivas a un tipo de masas de agua, y en ellas no necesariamente hubo una misma tendencia entre las variables, ya que a mayor o menor presencia de capturas las CPUEs fueron inversas.

Sin embargo, a nivel general y por escenarios se determinaron ciertas características o tendencias. En términos de presencia, indistintamente del tipo de lances, las ACF seguida de AMCS y ASS resultaron zonas de mayor frecuencia de pesca. Este patrón también se reflejó para los lances positivos o con capturas de jurel, pero básicamente para el escenario 2, donde a diferencia del escenario 1, fue característico la presencia de dichas masas de agua y la flota tuvo como objetivo de pesca al jurel, lo que habría marcado un predominio de lances positivos sobre negativos y nulos contrariamente al escenario 1. Por sí solo el éxito de pesca en términos

de presencia no sería un indicador claro para asociar el jurel a un tipo(s) de masas de agua, pues existe el efecto de la distribución no uniforme del esfuerzo pesquero (FAO, 1998). En razón a ello, se comparó la CPUE por masas de agua. Se hallaron diferencias significativas en el escenario 1, asociándose un mayor éxito de captura en volúmenes en AMTE (68.8 t/lance-vje) y menor en ASS y AES (0.2 y 5.0 t/lance-vje, respectivamente); mientras que en el escenario 2, este éxito de pesca fue casi constante (31,5 a 46,0 t/lance-vje) por masas de agua.

Frente a los resultados anteriores, se podría deducir que las masas de agua no fueron un factor determinante en la distribución espacial del jurel. Sin embargo, es de resaltar que esta especie si estaría influenciada por algunas características oceanográficas que se presentan a lo largo de la columna de agua como: la disponibilidad de oxígeno y en menor escala la temperatura (Espino, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2008). Al respecto, Bertrand *et al.* (2004) caracterizan al jurel como una especie ubicua que se distribuye principalmente en aguas “tibias” y oxigenadas sin preferencia particular por una masa de agua específica. No obstante, Dioses (1995) y Gretchina *et al.* (1998) mencionan que jurel tendría como hábitat preferencial los frentes oceánicos formados por la convergencia de las ACF y ASS. Esto de alguna manera se refleja en nuestros resultados, aunque no marcadamente, después del año 2002 o escenario 2. Pero, este hecho no se debería tanto a una preferencia de jurel a este tipo de masas de agua, sino que se vio “forzado” después del evento El Niño 1997-1998 a cambiar su área de distribución hacia el centro sur, donde es característico este tipo de masas de agua. Es importante destacar que, durante el periodo de estudio, la flota encontró menos jurel en el extremo norte (04°S – 06°S) coincidiendo con la presencia de cambios oceanográficos asociados a la intromisión de aguas ecuatoriales (AES) hasta aproximadamente los 06° 30’S durante El Niño 1997-1998. Asimismo, la ausencia de pesca de jurel en la región Norte (03° - 09°59’) nuevamente coincidió con la fuerte intromisión de aguas ecuatoriales (AES) hasta los 08°S por El Niño 2002-2003. Esto haría suponer que el jurel no estaría siendo favorecido por eventos cálidos, debido a que su población sufrió modificaciones tanto espaciales como en sus abundancias.

Teniendo en cuenta esta “nueva distribución”, se podría afirmar que la permanencia de jurel en la zona Centro Sur tendría como uno de sus factores la disponibilidad de alimento, a la vez que las condiciones ambientales no le son desfavorables. Konchina (1980) refiere que jurel se caracteriza por su amplio espectro trófico, y por ende tiene una alta plasticidad alimenticia y espacial. Alegre *et al.* (2013), coinciden con Konchina (1980) e identifican cambios importantes en el espectro alimenticio del jurel entre un periodo de régimen cálido y frío, pasando de una dieta sostenida básicamente por el grupo *Euphausiidae* entre 1977 y 2000 a una

de mayor diversidad de presas, destacando *Euphausiidae*, munida (*P. monodon*) y Zoeas entre 2001 y 2011. Una observación importante es la presencia de la munida, la cual se encontrarían cohabitando con el jurel (Gutiérrez *et al.*, 2008), manteniéndose y alcanzando latitudes hasta más allá de los 06°S (IMARPE, 2008). Entonces, se plantea la interrogante por qué el jurel no retornó a sus áreas anteriormente ocupadas. Ello podría ser explicado a que en la actualidad existiría una mayor oferta alimenticia y frente a una baja abundancia del recurso jurel haría innecesario que éste tenga la necesidad de migrar.

En general, muchos de los estudios revisados presentan como un denominador común a la llegada de los eventos El Niño, como el principal factor que provocó cambios significativos en la dinámica del jurel y por ende en su disponibilidad a la pesquería. Esto indicaría al jurel como una especie susceptible a los cambios ocasionados por los eventos cálidos de magnitud extraordinaria; aunque ello queda en discusión puesto que a diferencia de lo ocurrido durante El Niño 1997 - 1998, las biomásas si se recuperaban (Bertrand *et al.*, 2004). Al respecto, Cañón (2004), menciona que la abundancia del jurel en el norte de Chile estaría condicionada principalmente a cambios en los factores oceanográficos, más que a los efectos de pesca.

Si bien los objetivos del presente trabajo no están orientados a definir cuál de las hipótesis planteadas sería la correcta, se podría afirmar que durante el periodo de estudio, el cambio en la distribución de las capturas del jurel en el mar peruano habría sido como consecuencia de la convergencia de diferentes factores desencadenados principalmente por los eventos cálidos.

En este contexto y siendo el Perú uno de los países involucrados en la pesquería de jurel, el presente estudio constituye un importante aporte para el conocimiento sobre la dinámica espacial de este recurso y contribuye a explicar las variaciones en su disponibilidad y abundancia como una herramienta para el manejo pesquero de esta especie, de amplia distribución en el Océano Pacífico y de gran importancia económica tanto a nivel nacional como regional.



## 7. CONCLUSIONES

---

Enmarcados en el planteamiento de las dos hipótesis que establecieron los objetivos a desarrollarse en la presente tesis, se destacan las siguientes conclusiones:

De la Hipótesis: *“Las capturas del jurel han experimentado cambios en su distribución espacial en el mar peruano entre 1996 y 2007”*.

- Se determinaron cambios espaciales en la distribución de las capturas del jurel, identificándose un cambio latitudinal significativo de norte a sur de las zonas de pesca asociado básicamente a la búsqueda de mejores concentraciones del recurso, lo que marcó dos escenarios espaciales de las capturas, teniendo como punto de quiebre el año 2002. El primero de ellos (E1: 1996 – 2001) concentró la pesca en la región Norte y el segundo (E2: 2002 – 2007) en la región Centro Sur.
- Este cambio latitudinal de las capturas mostró un incremento significativo en el esfuerzo pesquero por viaje de pesca entre el E1 y E2. Ello significó que frente a la región Centro-Sur o E2 la flota sumó un mayor esfuerzo de pesca para encontrar y capturar jurel, claramente reflejado en un incremento de 10.8 a 23.8 horas promedio en la búsqueda de cardúmenes y de 3.8 a 6.8 lances de pesca promedio por viaje.
- No se diferenció un patrón latitudinal en la configuración de las capturas anuales y la presencia de eventos cálidos (El Niño) o fríos (La Niña), quizás debido a la diferencia en intensidad, duración y cobertura de los mismos, y/o cobertura del muestreo del PBP. Sin embargo, hubo contrastes importantes respecto al antes, durante y después del desarrollo de un evento cálido de magnitud moderada a más. Longitudinalmente o por distancia a la costa, las capturas anuales marcaron dos tendencias: frente a años cálidos se ubicaron más próximos a costa y fríos más distantes de ella.

De la hipótesis: *“El recurso jurel (*Trachurus murphyi*) está asociado o tiene preferencia por un tipo de masas de agua”*. Cabe indicar que, esto corresponde al análisis de información correspondiente solo a los meses de verano.

- A una escala anual, los mapas de interacción masas de agua-capturas del jurel indicarían que la disponibilidad del jurel hacia la flota fue independiente del tipo de masas de agua, puesto que sus capturas se presenciaron en todas ellas, evidenciándose que zonas de mayor o menor pesca en términos de presencia (% lances de pesca con jurel) y CPUE (t/lance-

vje) no fueron exclusivas a un tipo de masas de agua. Sin embargo, entre escenarios de pesca se marcaron algunas diferencias. En el escenario 1 se encontró un mayor éxito de CPUE en AMTE (68.8 t/lance-vje) y menor en ASS y AES (0.2 y 5.0 t/lance-vje), pero sin diferencias en términos de presencia. En el escenario 2, las ACF seguida de AMCS y ASS resultaron zonas de mayor frecuencia de pesca, pero sin diferencias significativas en sus valores de CPUE (31,5 a 46,0 t/lance-vje).

- La mayor intensidad de las ACF no necesariamente favorece la concentración del recurso jurel, pero si su presencia, debido posiblemente a su mayor dispersión por lo cual su disponibilidad a la pesquería es menor.

Otras conclusiones importantes a mencionar son:

- En base al mapeo anual de las capturas por cuadrantes de 0.5° de latitud y 0.5° de longitud se evidenció que zonas de pesca con altas capturas, no necesariamente reflejaron valores importantes en términos de CPUE, caracterizando en su mayoría con estimaciones de CPUE menores a 50 t/lance – cuadrante e identificándose los valores más altos en 2007 y más bajos en 1999.
- La variación anual de la frecuencia de tipos de lances (positivos, negativos y nulos) presentó ligeras diferencias entre escenarios de pesca, con una disminución de lances negativos e incremento de lances nulos hacia el escenario 2. La interpretación de los mismos es compleja. Sin embargo, los lances negativos estarían reflejando una menor disponibilidad del jurel en las zonas de pesca del escenario 1, puesto que la presencia de otras especies en las capturas de la flota de cerco fue mayor; mientras que los lances nulos representarían una menor vulnerabilidad (posiblemente del jurel), asociada a diferentes factores ambientales y/o de pesca.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

- Aguilar F. 1993. El recurso Jurel (*Trachurus murphyi*) en aguas ecuatorianas. Boletín Científico y Técnico. Volumen XII, Número 2. Instituto Nacional de Pesca, Ecuador.
- Alegre A., P. Espinoza & M. Espino. 2013. Ecología trófica del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú entre 1977-2011. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 075- 082.
- Arcos D, L. Cubillos & S. Núñez. 2004. Efectos de El Niño 1997-1998 sobre las principales pesquerías pelágicas. En Avaria, S., J. Carrasco, J. Rutllant & E. Yáñez. (Eds.). El Niño-La Niña 1997-200. Sus efectos en Chile. CONA, Chile, Valparaíso. pp 153-177.
- Ayón P. & J. Correa. 2013. Variabilidad espacial y temporal de larvas de jurel *Trachurus murphyi* en el Perú entre 1966-2010. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 083- 086.
- Bertrand A, M. Segura, M. Gutiérrez & L. Vásquez. 2004. From small-scale habitat loopholes to decadal cycles: a habitat-based hypothesis explaining fluctuaction in pelagic fish populations off Peru. Fish and Fisheries 5: 296 - 316.
- Bouchon M., M. Ñiquen, M. Arias-Schreiber & R. Bello. 1998. Manual de operaciones del proyecto Bitácoras de Pesca. Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú N° 74, 48 pp.
- Bouchon M & C. Peña. 2008. Impacto de los eventos La Niña en la pesquería peruana. Inf. Inst. Mar Perú, 35:3, 193-198.
- Cañon J. 2004. El Niño 1997-1998: Sus efectos en el sector pesquero industrial de la zona norte de Chile. En Avaria, S., J. Carrasco, J. Rutllant & E. Yáñez. (Eds.). El Niño-La Niña 1997-200. Sus efectos en Chile. CONA, Chile, Valparaíso. pp. 137-151.
- Cárdenas L., A. Silva, A. Magoulas, J. Cabezas, E. Poulin & P. Ojeda. 2009. Genetic population structure in the Chilean jack mackerel, *Trachurus murphyi* (Nichols) across the South-eastern Pacific Ocean. Fisheries Research 100 (2009) 109–115.
- Cárdenas-Quintana G., M. Franco-Meléndez, J. Salcedo-Rodríguez, D. Ulloa-Espejo & J. Pellón-Farfán. 2015. La sardina peruana, *Sardinops sagax*: Análisis histórico de la pesquería (1978–2005). Ciencias Marinas, 41(3): 203–216. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v41i3.2466>.
- Chaigneau, A., N. Dominguez, G. Eldin, L. Vasquez, R. Flores, C. Grados & V. Echevin .2013. Near-coastal circulation in the Northern Humboldt Current System from shipboard ADCP data, J. Geophys. Res. Oceans, 118, doi:10.1002/jgrc.20328.

Csirke, J. 1989. El uso de datos de esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo en la investigación de recursos pelágicos en el Instituto del Mar del Perú. Informe de la misión de asesoramiento realizada por la CEE a través del Programa Regional de Cooperación Técnica para la Pesca (CEE-PEC). Callao, Perú. 19p.

Csirke J. 2013. El Jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 005 – 008.

Davies S; Reynolds, J.E. (ed.) Guidelines for developing an at-sea fishery observer programme. FAO Fisheries Technical Paper. No. 414. Rome, FAO. 2002. 116p. [http://www.fao.org/fi/oldsite/eims\\_search/1\\_dett.asp?calling=simple\\_s\\_result&lang=es&pub\\_id=102991](http://www.fao.org/fi/oldsite/eims_search/1_dett.asp?calling=simple_s_result&lang=es&pub_id=102991)

Dioses T. 1995. Análisis de la distribución y abundancia de los recursos jurel y caballa frente a la costa Peruana. Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú N° 3, 55 pp.

Dioses T. 2013. Patrones de distribución y abundancia del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 067- 074.

Dreyfus-León M., A. Mejía-Trejo & J. Carlos Villaseñor-Derbez. 2015. Análisis de los lances nulos (sin captura) de la flota atunera mexicana que opera con red de cerco (2000–2013). Ciencias Marinas (2015), 41(2): 85–92. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v41i2.2471>

Elizarov A., A. Grechina, A. Kotenev, B. & A. Kuzetsov. (1993). Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*, in the open waters of the South Pacific. Journal of Ichthyology 33: 86–104.

Espino M. 1999. EL Niño 1997-98": su efecto sobre el ambiente y los recursos pesqueros en el Perú. J. Tarazana y E. Castillo (Eds.). Rev. peru. bio. Vol. Extraordinario: 97-109 (1999).

Espino M. 2013. El jurel *Trachurus murphyi* y las variables ambientales de macroescala. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 009-020.

FAO. 2008. FISHSTAT Plus: universal software for fishery statistical time series. Fisheries Department, Fisheries Information, Data and Statistics Unit. Available from <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat>

FAO (s.f). Species Fact Sheets. <http://www.fao.org/fishery/species/search/en>

Flores R., M. Espino, G. Luque & J. Quispe. 2013. Patrones de variabilidad ambiental en el mar peruano. En: Csirke J., R. Guevara & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 021 – 028.

Galaktionov G. 1994. Formación de cardúmenes y migraciones verticales diarias del jurel peruano. En Arcos, D (ed.). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Inst. Investigación Pesquera, Chile, pp: 179 – 184.

Ganoza F. 1998. Abundancia y comportamiento del jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) a través de prospecciones acústicas de 1983 a 1994. Inf. Inst. Mar Perú, 136, 23 – 26.

Gerlotto F, M. Gutierrez & A .Bertrand 2012. Insight on population structure of the Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*). Aquat. Living Resour. 25, 341–355 (2012) EDP Sciences, IFREMER, IRD 2012 DOI: [10.1051/alr/2012036](https://doi.org/10.1051/alr/2012036) [www.alr-journal.org](http://www.alr-journal.org)

Gretchina A. 1998. Historia de investigaciones y aspectos básicos de la ecología del jurel *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols) en alta mar del pacifico sur. En Arcos, D (Ed.). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Inst. Investigación Pesquera, Chile, pp: 11-34.

Gretchina A., Núñez, S. y Arcos, D. 1998. El desove del recurso jurel, *Trachurus symmetricus murphyi* (Nichols), en el océano Pacifico Sur. En Arcos, D (Ed.). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Inst. Investigación Pesquera, Chile, pp: 117-140.

Graco M., J. Ledesma, G. Flores & M. Girón. 2007. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. Rev. peru. biol. 14(1): 117- 128.

Gutiérrez D., A. Bertrand, C. Wosnitza-Mendo, B. Dewitte, S. Purca, C. Peña, A. Chaigneau, J. Tam, M. Graco, V. Echevin, C. Grados, P. Fréon & R. Guevara-Carrasco. 2011. Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas. Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA (3), 1-24.

Gutiérrez M. & S. Peraltilla. 1999. Aplicación de un sistema de información geográfica y de la carta electrónica isoparalitoral en las evaluaciones hidroacústicas de las biomásas de recursos pesqueros en el litoral peruano. Inf. Inst. Mar Perú 146: 25-29.

Gutierrez M., A. Bertrand, M. Ballón, P. Espinoza, A. Alegre & F. Gerlotto. 2008. Distribution changes and interactions of Jack Mackerel off Peru as observed using acoustic (1983 -2008). <http://www.southpacificrfmo.org/assets/Chilean-Jack-Mackerel-Report-and-Papers/16%20Peru%20Distrubution%20changes%20and%20interactions%20on%20CJM.pdf>

Gutierrez M., Castillo R, Segura M, Peraltilla S, Flores M. 2012. Trends in spatio-temporal distribution of Peruvian anchovy and other small pelagic fish biomass from 1966-2009. Latin American Journal of Aquatic Research 633. International Conference: “Environment and Resources of the South Pacific”. DOI: 103856/vol40-issue3-fulltext-12

IMARPE, 2005. INFORME EJECUTIVO: Crucero 0502-04 de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Inf. Interno.

IMARPE, 2010. Programa Bitácoras de Pesca (PBP) IMARPE. [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_otropr\\_bitaco\\_otro\\_progra\\_set10.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_otropr_bitaco_otro_progra_set10.pdf)

IMARPE - PRODUCE, 2012. Characteristics of the peruvian stock (northern stock) of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the southeast pacific and notes on the scientific basis for its differentiation. SPRFMO. <http://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Meetings-before-2013/Scientific-Working-Group/SWG-11-2012/SWG-11-JM-03-Characteristics-of-the-Peruvian-Stock.pdf>

IUCN, 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1. Downloaded on 18 May 2017.

Kuznetsov A. 1994. Pesca comercial del jurel peruano y efectividad económica. En Arcos, D (ed.). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Inst. Investigación Pesquera, Chile, pp: 195 – 202.

Jordan R., J. Csirke & I. Tsukayama. 1978. Situación de los recursos anchoveta, sardina, jurel y caballa a junio de 1978. Inst. Mar del Perú, 56, 1-35.

López Medina D. 2006. Variabilidad espacio-temporal de las capturas de atún aleta amarilla en aguas adyacentes a las islas Mariás, México. Tesis que para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. Inst. Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México.

Miranda L., A. Hernandez, A. Sepulveda & M. Landaeta. 1998. Alimentación del jurel y análisis de la selectividad en la zona centro – sur de Chile. En: Arcos, D (ed.). Biología y ecología del jurel en aguas chilenas. Inst. Investigación Pesquera, Chile, pp: 173 – 187.

Morón O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol. Inst. Mar Perú 19(1-2): 179-204.

Morón O. & Sarmiento M. 2001. Aspectos oceanográficos de el niño 1997-98 y su relación con los recursos pelágicos En: Tarazona J., W. Arntz & E. Castillo de Maruenda (Eds). El Niño en América Latina: Impactos Biológicos y Sociales. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima, pp. 5-27.

Nekrasov V., V. Chur, K. Kashirin, A. Nesterov, N. Nazarov & D. Tormosov. 1994. En Arcos, D & A. Gretchina (ed.). Biología y pesca comercial del jurel en el Pacifico Sur. Inst. Investigación Pesquera, Chile, pp: 169 – 177.

Ñiquen M. & Bouchon M. 1991. Variaciones latitudinales y longitudinales en la distribución de la anchoveta en la costa del Perú. Boletín de Lima, noviembre 1991.

Ñiquen M, M. Bouchon, D. Ulloa & A. Medina. 2013. Análisis de la pesquería del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara & M. Espino (Eds.). Ecología,

pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 097 – 106.

Peña, J. y Valderrama, M. 2008. Fishing Location decisions in the Chilean-Transzonal Jack Mackerel Fishery. Serie Documentos de Investigación I-217, Facultad de Economía y Negocios, Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile.

Salazar M. & F. Ganoza. 1989. Determinación de áreas de pesca para la captura comercial de recursos pelágicos. Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”. Huacho - Perú.

Sarralde R., Ariz J, Delgado de Molina A, Pallarés P, Santana JC. 2004. Análisis de los datos obtenidos por observadores en atuneros cerqueros españoles en el océano Atlántico durante las últimas moratorias sobre objetos flotantes (2001–2002 y 2002–2003). Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT 56: 401–13.

Segura M. & A. Aliaga. 2013. Biomasa acústica y distribución del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. Número especial 20(1): 087- 096.

Serra R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. Investigaciones pesqueras (Chile) 36: 67 – 83.

Simmonds E. & D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics. vol. 2; 2005. Available from: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/BF00043522>.

Sparre P. & Venema, S. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. №. 306.1 Rev. 2: 420 pp.

SPRFMO. 2008. Chilean Jack mackerel workshop. Report of the South Pacific Fisheries Management Organisation (SPRFMO), Chilean Jack Mackerel Workshop, Santiago, Chile, 30 June-4 July 2008: 71p.

Vásquez L. & E. Tello. 1999. Condiciones oceanográficas del mar peruano durante el crucero BIC Olaya Balandra 9902-03 de Tumbes a Tacna. Inf. Inst. Mar Perú, 147, 71 – 82.

Vásquez L., P. Villanueva, G. Flores, J. Ledesma & P. Ayón 2006. Condiciones ambientales del mar peruano durante el verano 2002. Inf. Instituto del Mar del Perú, 33-3, 161 - 180.

Verdoit M., D. Pelletier & R. Bellail. 2003. Are commercial logbook and scientific CPUE data useful for characterizing the spatial and seasonal distribution of exploited populations? The case of Celtic Sea whiting. Aquat. Living Resour. 16 (2003) 467 – 485.

Wuillez M., J. Rivoirard & P. Petitgas. 2009. Notes on survey-based spatial indicators for monitoring fish populations. Aquat. Living Resour. 22, 155-164. [DOI: 10.1051/alr/2009017](https://doi.org/10.1051/alr/2009017)  
[www.alr-journal.org](http://www.alr-journal.org)

Zuzunaga J. 2013. Medidas de conservación y ordenación pesquera del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. número especial 20(1): 107 – 113.

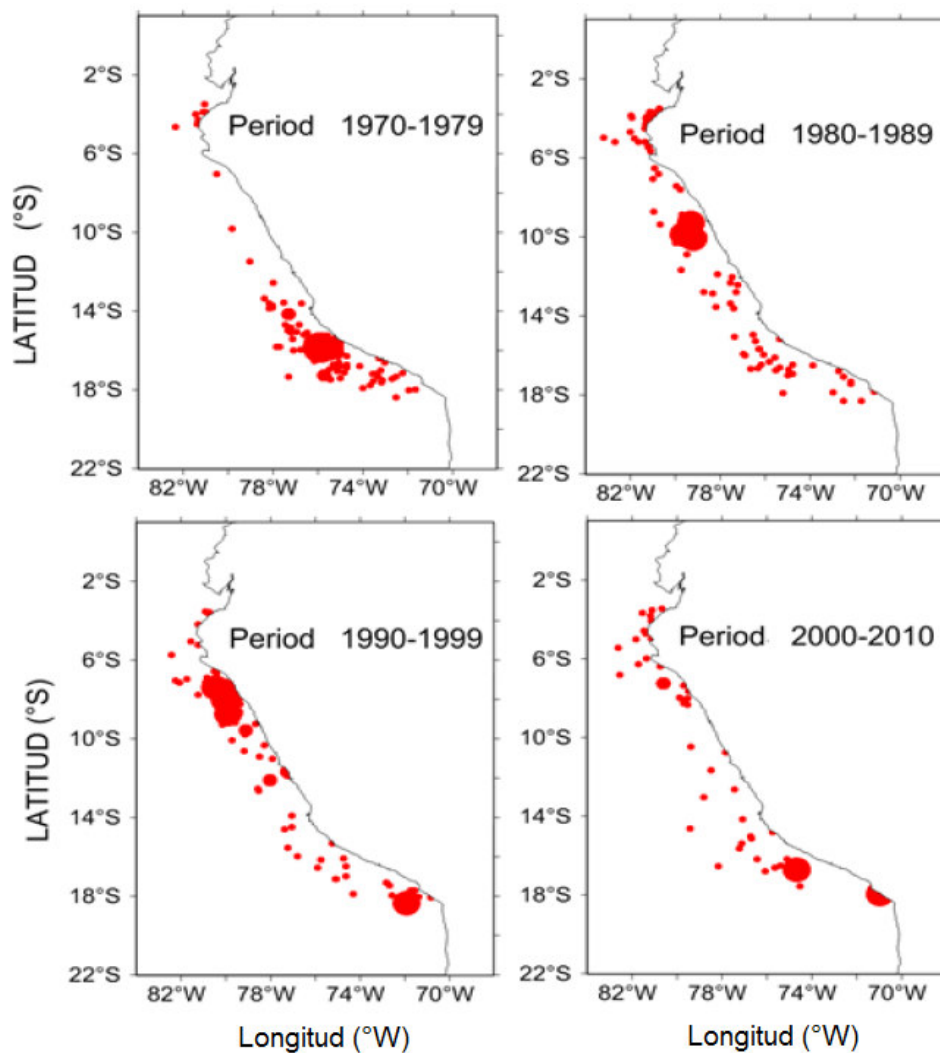
Zuta S & O. Guillén. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol. Inst. Mar Perú (2): 157-324.



**Anexo 1**

Centro de desove del jurel en el mar peruano desde 1970 a 2010.

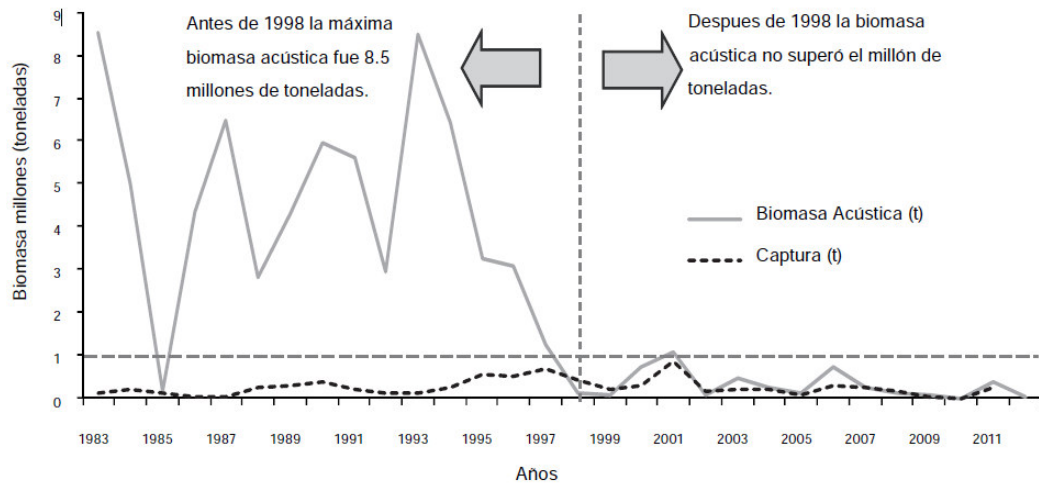
Tomado de IMARPE – PRODUCE (2012)



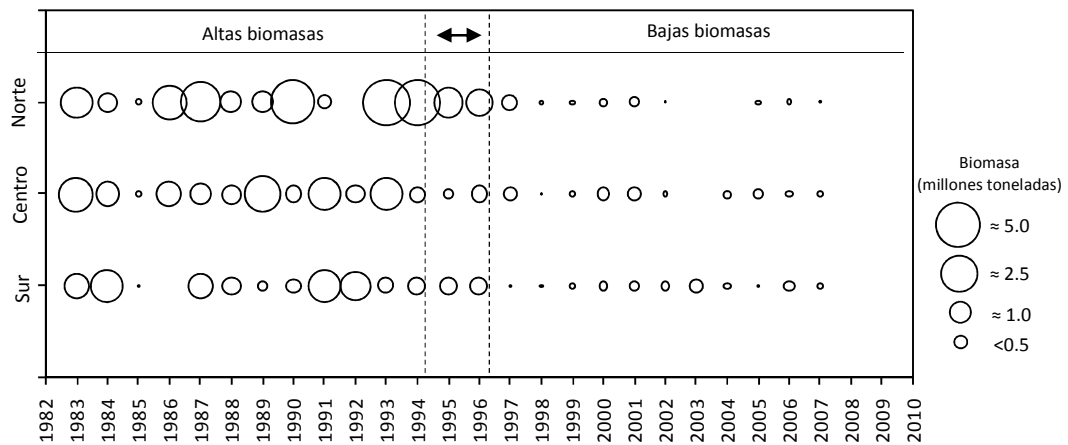
Esta figura representa 40 años de muestreo realizados por IMARPE, mediante el cual se confirma que el mar peruano constituye un centro principal permanente de desove del jurel (IMARPE-PRODUCE, 2012). Hay algunas variaciones entre décadas en respuesta a las variaciones del régimen climático en el área del Pacífico sudeste.

## Anexo 2

Biomasa estimada por hidroacústica y desembarques de jurel *T. murphyi* en toneladas, años 1983-2012  
(Tomado Segura & Aliaga, 2013)



Biomasa estimada hidroacústica (millones de toneladas) de jurel en el mar peruano por regiones (Elaboración propia, Fuente IMARPE)



**Anexo 3. Número de viajes y lances de pesca registrados por la plataforma observacional del PBP durante las actividades de pesca de la flota industrial de cerco entre 1996 y 2007**

Año		Viajes de pesca	Lances totales	Lances positivos	Lances negativos	Lances nulos	% respecto al desembarque total del jurel
1996	“Capturas Incidentales”	275	454	219	132	101	2.8% (10073 t)
1997		497	602	329	137	136	6.9% (25621 t)
1998		363	417	179	118	120	1.4% (4376 t)
1999		137	236	100	70	66	2.2 % (1830 t)
2000		106	371	218	48	105	4.% (12750 t)
2001	“Capturas Dirigidas”	94	384	251	21	112	2.3% (17558 t)
2002		12	63	24	8	31	1.6% (2416 t)
2003		39	207	118	32	57	3.6% (7768 t)
2004		30	228	102	43	83	3.4% (6334 t)
2005		67	336	135	45	156	5.2% (4215 t)
2006		180	1307	682	198	427	12.6% (34969 t)
2007		86	430	294	7	129	8.6% (21756 t)
Total		1886	5035	2651	859	1523	149664

En ( ) indica la captura total registrada por el PBP. Lances positivos (jurel), lances negativos (otra especie), lances nulos (ni jurel ni otra especie)

#### Anexo 4

#### Distribución de las masas de aguas durante los veranos 1996 - 2007

##### 1. Distribución de las masas de aguas durante los veranos 1996 – 2002 (Mapa – Anexo 4 )

Según los mapas de masas de agua superficiales, los veranos de 1996 al 2002, a excepción de 1998, se caracterizaron por la presencia de masas de aguas costeras frías (ACF) en casi todo el litoral peruano, mientras que hacia el extremo norte predominaron condiciones cálidas por la presencia de masas de aguas ecuatoriales (AES) y tropicales (ATS), propias de la zona y del periodo de verano (Zuta y Guillen, 1970).

En este periodo resalta la ocurrencia del evento El Niño 97-98, catalogado como extraordinario por sus anomalías térmicas mayores a 3°C de TSM, registradas entre marzo de 1997 y setiembre de 1998 (Morón, 2000, ENFEN, 2012). En los mapas presentados, estas condiciones cálidas se evidenciaron en el **verano 1998 (Cr.980205)**, con fuertes proyecciones de ATS hasta los 7° S (Morón et al, 1998) y de ASS hacia la costa, que replegaron al mínimo la presencia de ACF al sur de los 7°S. Las AES se evidenciaron en menor magnitud. Otro año cálido fue el 2002, evidenciándose dos eventos débiles; el primero entre marzo y mayo, y el segundo entre setiembre y febrero (ENFEN, 2012). En el **verano 2002 (Cr.020204)**, en la zona norte las AES llegaron próximas a los 9°S y las ATS a los 5°S. Las ASS fueron más notorias al sur de los 16°S, las aguas de mezcla (ASS y ACF) al sur de los 10° y las ACF en una franja costera al sur de los 8°.

Los periodos fríos, La Niña, se presenciaron en 1996 y 2001, ambas catalogadas como eventos débiles que se desarrollaron entre abril y julio de 1996, y entre setiembre y diciembre de 2001, respectivamente (ENFEN, 2012). En el **verano de 1996 (Cr.960204)**, la presencia de las ACF fue en casi toda la costa peruana,

cubriendo incluso parte del extremo norte. Las AES se presenciaron entre los 6 y 8°S. Las ASS al sur de los 10°, distribuyéndose por fuera de las 40 mn entre los 10 y 12°S y por fuera de las 20mn al sur de los 12°. La incursión de ASS frente a San Juan (15°S) y Ático (16°S) produjo anomalías térmicas mayores a +2°C que fueron atípicas para dicha zona (Pizarro & Tello, 1996). En el **verano de 2001 (Cr.010304)**, las ACF predominaron al sur de los 6°S, desplazando a las ASS por fuera de las 100 mn. Al norte de los 6°S predominaron las AES, registrándose anomalías térmicas positivas de 1.8 a 2.3°C al norte de los 5°S, y al sur de los 5°S anomalías negativas y positivas de hasta -2.8°C a 120 mn y de 0.4°C, respectivamente (Tello & Morón, 2004). Al sur de los 16°, ATSA incursionaron superficialmente.

En años “normales”, en el **verano 1999 (Cr.990203)** las ACF predominaron al sur de los 7°S dentro de las 30 mn, aunque zonas próximas a la costa, modificaron sus condiciones oceanográficas debido a procesos de surgencia, avance de aguas frías y la alta descarga de los ríos ubicados al sur de los 13° (Vásquez & Tello, 1999). Hacia el norte, predominaron las AES y ATS. Las ASS se encontraron por fuera de las 50 mn con algunas proyecciones hacia la costa llegando hasta las 20 mn. En el **verano de 2000 (Cr. 000103)**, las ACF también predominaron al sur de los 6°S, pero dentro de las 50 mn. Al igual que en el verano de 1999 algunas zonas costeras fueron afectadas por el ingreso de altas descargas de los ríos entre los 10 y 11°S (Vásquez y García, 2001). En la zona norte, las AES y ATS tuvieron menor proyección hacia el sur que en el verano anterior y las ASS al sur de los 13°S mostraron un mayor acercamiento a las costas.

## **2. Distribución de las masas de aguas en los veranos 2003 y 2007 (Mapa – Anexo 4)**

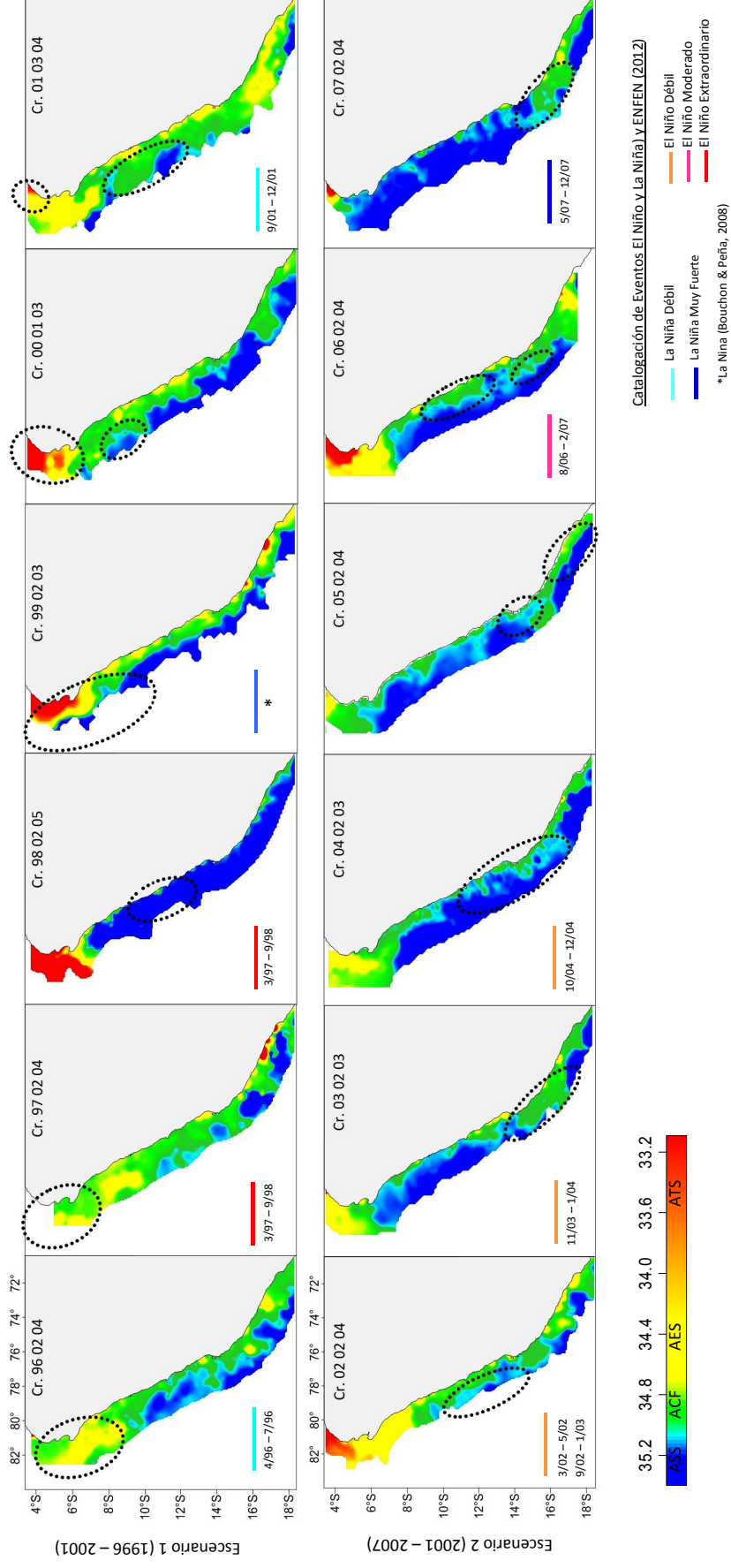
En general, las condiciones oceanográficas superficiales de los veranos 2003 al 2007 estuvieron marcadas por la presencia de aguas oceánicas (ASS). Éstas se distribuyeron principalmente al sur de los 6°, con proyecciones fuertes hacia la costa replegando las ACF muy cerca al litoral, lo que originó importantes áreas de aguas de mezcla (AM) próximas a la costa. Si bien entre los años 2003 y 2007 se presenciaron eventos El Niño (2003, 2004 y 2006) y La Niña (2007), estos no estuvieron asociados a los meses de verano.

En el **verano 2003 (Cr.030203)**, destacó la presencia de ASS entre los 6 y 14°S, con aproximaciones costeras hasta las 20 mn, lo que generó una gran extensión de aguas de mezcla. Al sur de los 14°S, las ACF mostraron una mayor amplitud hacia el oeste. Por el extremo norte, las AES se proyectaron solo hasta los 5°S y ATS no fueron detectadas (Tenorio & Morón, 2003). Estas condiciones de verano no estuvieron asociadas a un evento cálido, como sí los meses de octubre a enero del 2004, (Niño débil (ENFEN, 2012).

En el **verano 2004 (Cr.04030203)**, la distribución de las masas de aguas se asemejó a la del verano 2003, aunque con mayor amplitud de las ASS hacia las costas, que incrementaron la temperatura del mar frente a la costa central (+2°C) y frente al sur (+1°C) (Anuario IMARPE, 2004) y también hubo mayor proyección de las ACF hacia el oeste al norte de los 8°S. En el 2004, condiciones cálidas que definieron un evento El Niño débil fueron dadas entre octubre y diciembre de ese año (ENFEN, 2012).

**Mapa – Anexo 4.** Distribución de las masas de agua superficiales del mar peruano durante los meses de veranos de 1996 a 2007. Las líneas punteadas muestran la “delimitación” de zonas donde la flota de cerco capturó jurel, cuyas posiciones geográficas son detalladas en mapas de las figuras 19.1 a 19.4. Debajo de las líneas de colores que catalogan eventos El Niño o La Niña, se indica el mes y año del inicio y fin del evento.

Los escenarios refieren a la distribución latitudinal de las capturas



*En el **verano 2005 (Cr.050204)**, continuó la presencia de las ASS, cuyas proyecciones intensas hacia la costa replegaron a las ACF por dentro de las 20 mn al sur de los 6°S, aunque frente a los 16°S llegaron hasta las 60 mn de la costa. La interacción de las ASS y ACF, produjeron grandes extensiones de agua de mezcla frente a diferentes latitudes en que se distribuyeron las mismas. Las AES se registraron cerca a la costa al norte de los 4.5°S y las ATS, típicas de la estación de verano, no fueron detectadas (Tenorio et al, 2011).*

*En el **verano 2016 (Cr.060204)**, las ATS y AES se proyectaron más hacia el sur de su distribución habitual, llegando hasta Talara (4°3'S) y Punta Negra (7°S), respectivamente. Ello caracterizó la zona norte con anomalías térmicas mayores a 3°C; mientras que al sur de los 7°S las condiciones fueron próximas a lo normal, excepto en algunas áreas (Dominguez & Vásquez, 2009). Las ASS estuvieron por fuera de las 40 mn entre los 8 y 11°S y fuera de las 70 mn al sur de Pta. Infiernillos (~14°S). Las ACF fueron muy costeras. Al norte de los 9°S, la franja costera mostró salinidades típicas de mezcla de ASS, ACF, AES y aguas continentales. Al sur de los 9°S destacaron áreas extensas de aguas de mezcla (ASS y ACF). Al sur 16°S, se registró ATSA, que mezcladas con las ASS y ACF presentaron salinidades similares o menores a las ACF (Dominguez & Vásquez, 2009). En el 2006, condiciones cálidas que definieron un evento El Niño moderado se evidenciaron entre agosto y febrero del 2007 (ENFEN, 2012).*

*En el **verano 2007 (Cr.0702-04)**, las condiciones cálidas de meses anteriores fueron atenuándose, observándose que en la zona norte las ATS fueron poco notorias y las AES se replegaron al norte de los 4°S. Las ASS destacaron hacia la costa, llegando hasta las 20 mn al sur de Ocoña (16°S), 45 mn, frente a San Juan (15°S) y 30 – 40 mn al norte del Callao (12°S). Las ACF y ATSA se presentaron dentro de las 25 mn al sur de Quilca (16°4'S) ampliando su distribución hasta las 50 mn al norte de Ocoña (16°S), lo que ocasionó zonas de aguas de mezcla con las ASS. Después del verano, el sistema marino entró en un proceso de enfriamiento que se manifestó a partir de marzo (Morón et al, 2011) y se intensificó entre mayo y diciembre, periodo catalogado como un evento La Niña fuerte (ENFEN, 2012).*